



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**KAUÇUK METAL BURÇLARIN STRES
GİDERİLMESİ SONRASI DAİRESELLİK
ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI İÇİN TEST
SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Muhammed Abdullah ÖZEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammed Abdullah ÖZEL tarafından hazırlanan “KAUÇUK METAL BURÇLARIN STRES GİDERİLMESİ SONRASI DAİRESELLİK ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI İÇİN TEST SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ” adlı tez çalışması 09/09/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. CEMİL SUNGUR

.....

Danışman

Prof. Dr. CEMİL SUNGUR

.....

Üye

Doç. Dr. AKİF DURDU

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi HAKAN TERZİOĞLU

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması AYD Otomotiv Endüstri A.Ş. tarafından AYD1020-01 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Muhammed Abdullah ÖZEL

Tarih: 09/09/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

KAUÇUK METAL BURÇLARIN STRES GİDERİLMESİ SONRASI DAİRESELLİK ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI İÇİN TEST SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Muhammed Abdullah ÖZEL

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Cemil SUNGUR

2022, 64 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. Cemil SUNGUR

Doç. Dr. AKİF DURDU

Dr. Öğr. Üyesi HAKAN TERZİOĞLU

Süspansiyon sisteminin önemli parçalarından olan kauçuk metal burçlar, araçlarda sürüş sırasında maruz kaldığı titreşim ve gürültülerin minimuma indirilmesi için özel olarak tasarlanmış olan konfor ve aynı zamanda emniyet yapıları olarak ifade edilir. Üretim sonrası kauçuk metal parçaların daireselliğinin bozulması, sıkı geçme ile yerleştirilmesi aşamasında boyutsal toleransların sağlanması ve sıkı geçme şartları elde edilerek parçalarda oluşabilecek hataları daha erken tespit edip, oluşabilecek bu hataları en aza indirmek amaçlanmaktadır. Kauçuk metal parçalar üretim sonrası dairesellik kontrolleri manuel bir şekilde gerçekleştirildiğinden parçada oluşabilecek hatalar gözden kaçabilmektedir. Diğer taraftan çaplama işleminin kauçuk-metal bağlantı dayanımına ve dolayısıyla burcun mekanik özelliklerine etkisi görülür. Bu sebepten dolayı kauçuk metal burçların stres giderilmesi sonrası dairesellik ölçümü kontrolünün otomatik bir şekilde sağlanması ve operatör hatasının önüne geçilerek daha doğru ve kararlı bir şekilde ölçümlerin yapılmasını sağlamaktadır.

İlk etapta envanterde bulunan burçlardaki tolerans değerleri belirlenerek burç çeşitliliğine göre tasarım modüller olarak sağlanmıştır. İkinci olarak sistemin ön tasarımı, malzeme seçimleri, kullanılacak olan lazer sensör, servo motor ve motor sürücü, Raspberry Pi-4, endüstriyel tip kamera ve kontrolcü olarak PLC ve HMI belirlenmiştir. Derin öğrenme ve görüntü işleme algoritmaları ile lazer dairesellik ölçümleri, burç daireselliği referans alınarak doğrulanmakta ve daireselliğinin bozuk veya deforme olduğu noktalar tespit edilmekte, HMI ekran üzerine hatalı bölge aktarılmaktadır. Lazer sensörler burç envanterine göre yükseklik ayarı hatasız olarak yapılacak şekilde aparatlandırılmıştır. Üçüncü olarak sistemin montajı ve ön seri denemeleri yapılmıştır.

Bu çalışma ile kauçuk metal burçlarda dairesellik hataları kontrolü sağlanarak üretim sonrasında karşılaşılabilecek olan sorunların giderilmesi ile kaliteli bir üretimin sağlanması, ayrıca burçlarda dairesellik ölçümleri mekanik olarak ölçüldüğü için hata payı operatörden alınıp daha kesin bir çözüm sunarak doğru sonuçlar elde edilmesi sağlanılmıştır. Bu çalışma ile ölçümler lazer sensör, görüntü işleme ve derin öğrenme sayesinde %90 daha hassas bir şekilde ölçümü gerçekleştirilebilmektedir. Lazer ile ölçüm yöntemi endüstriyel olarak geniş bir kullanıma sahiptir. Bununla birlikte uygulamada, süspansiyon sistem bileşenlerinden olan burçların lazerle ve derin öğrenme yöntemi ile ölçümüne rastlanılmamıştır. Çalışmanın başarı ile tamamlanması ile üretimin tüm aşamalarına yaygınlaştırılabilmesi için yeni çalışmaların başlatılma potansiyeli sağlanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Burç, Çaplama, Dairesellik, Kontrol

ABSTRACT

MS THESIS

DEVELOPMENT OF A TEST SYSTEM TO MAKE CIRCULARITY MEASUREMENTS OF RUBBER METAL BUSHES AFTER STRESS RELIEF

Muhammed Abdullah ÖZEL

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Electrical Electronics Engineering**

Advisor: Prof. Dr. Cemil SUNGUR

2022, 64 Pages

**Jury
Prof. Dr. Cemil SUNGUR
Doç. Dr. AKİF DURDU
Dr. Öğr. Üyesi HAKAN TERZİOĞLU**

Rubber metal bushings, which are one of the important parts of the suspension system, are expressed as comfort and safety structures that are specially designed to minimize the vibrations and noises that vehicles are exposed to while driving. It is aimed to detect the errors that may occur in the parts earlier by obtaining tight fit conditions and to minimize these errors that may occur in the process of breaking the circularity of the rubber metal parts after the production, placing them with tight fit. After the production of rubber metal parts, the circularity checks are carried out manually so that the errors that may occur in the part can be overlooked. On the other hand, the effect of the diametering process on the rubber-metal connection strength and thus on the mechanical properties of the bush is observed. For this reason, automatic control of circularity measurement after stress relief of rubber metal bushings prevents operator error and provides more accurate and stable measurements.

At the first stage, the tolerance values of the bushings in the inventory were determined and the design was provided modularly according to the bushing diversity. Secondly, the preliminary design of the system, material selections, laser sensor to be used, servo motor and motor driver, Raspberry pi-4, industrial type camera and PLC and HMI as controller were determined. With deep learning and image processing algorithms, laser circularity measurements are verified with reference to the circularity of the bush, and spots where the circularity is corrupted or deformed are detected, and the faulty area is transferred to the HMI screen. Laser sensors are equipped in such a way that the height adjustment can be made without error, according to the bushing inventory. Thirdly, the system was assembled and pre-series trials were carried out.

With this study, it was ensured that the circularity errors in rubber metal bushings were controlled and that the problems to be encountered after the production were eliminated and a quality production was ensured, and accurate results were obtained by providing a more precise solution by taking the margin of error from the operator. In the current system, circularity measurements in rubber bushings can be measured mechanically. With this study, measurements can be performed with 90% more precision thanks to laser sensor, image processing and deep learning.. Laser measurement method has a wide usage in industrial. However, in practice, laser and deep learning measurement of bushings, which are suspension system components, has not been encountered. With the successful completion of the study, the potential to initiate new studies has been provided so that it can be extended to all stages of production.

Keywords: Bushing, Circularity, Control, Diametering.

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın başlangıcından sonlandırıldığı ana kadar karşılaştığım her türlü sorunun aşılmasında bana yardımcı olan, hoşgörüsü, desteği ve bilgisiyle bana yol gösteren değerli hocam ve tez danışmanım Prof. Dr. CEMİL SUNGUR'a, tez konusuyla ilgili kaynakların taranmasında bilgilerine başvurduğum Arş. Gör. Serkan BUDAK hocama, ayrıca çalışmalarımıza konu olan yazarlara teşekkür ederim.

Muhammed Abdullah ÖZEL
KONYA-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	5
2.1. Literatür Araştırması	5
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
3.1. Donanım.....	10
3.1.1. Endüstriyel Kamera	10
3.1.2. Lazer Sensör	11
3.1.3. Servo Motor	12
3.1.4. Servo Motor Sürücü.....	12
3.1.5. Raspberry Pi-4	13
3.1.6. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici	13
3.1.7. İnsan Makine Arayüzü.....	14
3.1.8. Mekanik Düzenek	14
3.1.9. Devre Şeması	19
3.2. Yazılım.....	19
3.2.1. Akış Diyagramı.....	19
3.2.2. Faydalanılan Yazılımlar.....	22
4. AR-GE ANALİZİ	27
4.1. Risk Analizi	27
4.2. Ar-Ge Kazanımları	27
4.3. Bütçe ve Maliyet Tahmini	28
4.4. İş – Zaman Planlama.....	28
5. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE DERİN ÖĞRENME TEMELLERİ.....	29
5.1. Görüntü İşleme Metotları.....	29
5.2. Kenar Tespit Yöntemleri	29
5.2.1. Sobel	30
5.2.2. Canny	31
5.2.3. Prewitt.....	31
5.2.4. Roberts	32
5.3. Derin Öğrenme Metotları.....	32

5.3.1. Denetimli Öğrenme.....	32
5.3.2. Denetimsiz Öğrenme	32
5.3.3. Sistem Özellikleri	33
5.4. Yapay Sinir Ağları	33
5.4.1. Yapay Sinir Ağlarında Katmanlar	34
5.4.2. Yapay Sinir Ağlarında Kayıp Fonksiyonları	36
6. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	38
6.1. Sayısal Bulgular	39
6.1.1. Deneme-1 – 20,5Ø ±0,1mm	39
6.1.2. Deneme-2 – 25,5Ø ±0,15mm	41
6.1.3. Deneme-3 – 30,5Ø ±0,1mm	42
6.1.4. Deneme-4 – 35,5Ø ±0,2mm	44
6.1.5. Deneme-5 – 40,5Ø ±0,1mm	45
6.1.6. Deneme-6 – 45,5Ø ±0,1mm	47
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	49
KAYNAKLAR	50
EKLER	52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Kısaltmalar

ad	: Adet
Ar-Ge	: Araştırma ve Geliştirme
CCD	: Charged Coupling Devices
CNN	: Convolutional Neural Network
CPU	: Central Process Unit
DBH	: Diameter at breast height
ESA	: Evrişimli Sinir Ağları
FPS	: Frame Per Second
GHz	: Giga Hertz
GPU	: Graphics Processing Units
GPS	: Global Positioning System
HDMI	: High Definition Multimedia Interface
HMI	: Human-Machine Interface
IoT	: Internet of Things
İHA	: İnsansız Hava Aracı
KB	: Kilobyte
kHz	: Kilohertz
ML	: Machine Learning
m	: Metre
mm	: Milimetre
MB	: Mega Byte
MHz	: Megahertz
MP	: Mega Piksel
MR	: Manyetik Rezonans
Nm	: Newton-metre
PLC	: Programmable Logic Controller
PNP	: Pozitif Negatif Pozitif
RAM	: Random Access Memory
R-CNN	: Region Convolutional Neural Network
RF	: Romatoid Faktör
Rpm	: Revolutions per Minute
RGB	: Red-Green-Blue
RPN	: Risk Priority Number
SCADA	: Supervisory Control and Data Acquisition
SSD	: Single Shot Detection
SVM	: Support Vector Machine
TLS	: Terrestrial Laser Scanning
V	: Volt
VRAM	: Video Random Access Memory
W	: Watt
YOLO	: You Only Look Once

1. GİRİŞ

Araçlar, güç ve hareket sağlamak için birlikte çalışan sistemlerden oluşur. Bu sistemler arasından süspansiyon sistemleri araçlar için en önemli parçalardandır. Şok ve titreşimleri emmek için tasarlanan bu parçalara ihtiyaç duyulmasının en temel sebebi ise yolların kusurlu olmasıdır. Kusurlu yollar sürüş dengesini bozabilmektedir. Virajlı yollar için ise hatasız bir dönüş imkânı sunabilen süspansiyon sistemleri, sürücülerin can güvenliği için hayati öneme sahiptir. Araçlarda süspansiyonun önemli görevleri; yollarda oluşan herhangi bir engebede veya kasiste meydana gelen titreşimin minimuma indirilmesi, aracın dönme hareketlerinde savrulmasının önüne geçilmesi ve araçta bulunan yolcuları oluşabilecek sarsıntılardan korumaktır (Karaca, 2018).

Endüstride en çok kullanılan malzemelerden biri haline gelen kauçuk yaygın olarak araç lastiklerinde görülse de araçların süspansiyon sistemlerinde ve harekete maruz kalan bağlantı noktalarında da görülmektedir. Süspansiyon sistemlerinde gövde, kol ve tekerlek bağlantılarında kullanılan kauçuk metal burçlar gerek aksel gerekse radyal yüklerde sönümlenme sağlayarak sürüş konforunun artırılmasını sağlar (Durmuş ve ark., 2010).

Araçlarda salıncağın stabil bir durumda çalışmasını sağlayan salıncak burçlarının bir diğer adı ise salıncak fişegidir. Görevleri itibariyle ve kullanım yerlerine bağlı olarak alt bileşen parçaları içermektedir. Aynı zamanda farklı geometrilere sahiptirler. Temel olarak iç boru, dış boru ve bu iki borunun arasını dolduran kauçuk malzemedan oluşan tek katmanlı burçlardır (Akgünoğlu ve ark., 2019).

Bir otomobilin üzerinde tahmini olarak minimum 40'a yakın burç bulunmaktadır. Bu burçlar otomobillerde, ticari araçlarda, ağır vasıtalarda, yani süspansiyon sistemi bulunduran çoğu araçta kullanılmakta ve sistemin dinamik hareketlerinin tasarlanması ve belirlenmesinde kilit eleman haline gelmektedir (Oncu ve ark., 2018).

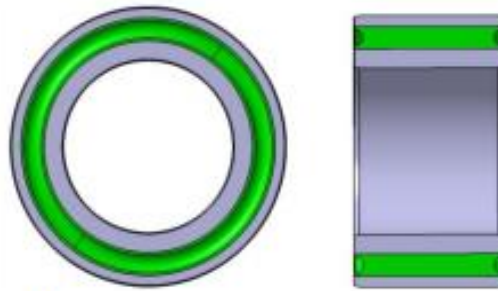
Kauçuk metal burçlar süspansiyon sistemlerinde kontrol kolu ve salıncak kolu bağlantılarında, ön tekerlerin şase bağlantısında kullanılan elemanlardır. Salıncaklar, burçlar sayesinde sürüş ekseninde dönme serbestliği verilerek monte edilmektedir (Rutci ve ark., 2018).

Şekil 1.1'de otomobillerin ön süspansiyon sisteminde kullanılan burç parçaları örnekleri gösterilmiştir.



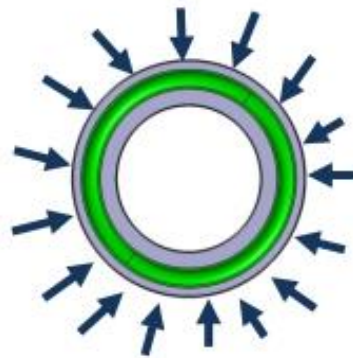
Şekil 1.1. Firma üretimi örnek burçlar

Burçlar, vulkanizasyon yöntemi ile üretilmektedir. Vulkanizasyon pişme demektir. Çiğ kauçuk hamuru, enjeksiyon presleri yardımı ile pişirilir. Sıcaklık, basınç ve zaman en temel şartlardan bazılarıdır. Burçlar, Şekil 1.2’de görülmekte olan iç burç, dış burç ve kauçuk malzemeden meydana gelmektedir (Durmuş ve ark., 2010).



Şekil 1.2. İç burç, dış burç ve kauçuk malzeme

Kauçuk malzemelerde çaplama işlemlerinin yapılan parça testlerine etkilerinin olduğu görülmüştür. Kauçuk burçlarda çaplama işlemini dıştan merkeze doğru yarıçap boyunca dış metale plastik şekil vererek uygulanmaktadır. Bu çaplama işlemi simetrik olarak kapanan çeneler ile yapılabileceği gibi, konik bir kalıp içerisinde geçirilerek de yapılabilmektedir (Oncu ve ark., 2018).



Şekil 1.3. Çaplama operasyonu örneği

Kauçuk metal burçların üretim sonrası çaplanması önemli olmaktadır. Burçtaki dış borunun çapının azaltılması şeklinde tarif edebileceğimiz bu çaplama işlemiyle esasen burcun monte edileceği yere sıkı geçme ile yerleştirilmesi aşamasında boyutsal toleransların sağlanması ve sıkı geçme şartlarının elde edilmesi amaçlanmaktadır. Şekil 1.3'te çaplama operasyonunun görsel örneği görülmektedir (Özgün, 2010).

Kauçuk burçlar üretim hattında incelendiği zaman vulkanizasyon prosesi gerçekleştirildikten sonra burcun soğuması için belirlenen bölgelere yerleştirilir ve soğuma esnasında iç ve dış boruya yakın kauçuk daha geç soğumaktadır. Bu soğuma sonucu kauçuk kenarlara doğru çekilir ve iç gerilmeler oluşur. Bu hataların önüne geçebilmek için burçlar belirli bir miktar büyük üretilir ve çaplama operasyonuna girer. Çaplama operasyonu, dış burca şekil değişimi verilerek yani dış çap değeri çalışacağı yuvaya göre küçültülerek hazır hale getirilmesidir.

Kauçuk burçlarda çaplama işlemi, dıştan merkeze doğru yarıçap boyunca dış metale plastik şekil vererek uygulanmaktadır. Burçtaki dış borunun çapının azaltılması şeklinde tarif edebileceğimiz bu çaplama işlemiyle esasen burcun monte edileceği yere sıkı geçme ile yerleştirilmesi aşamasında boyutsal toleransların sağlanması ve sıkı geçme şartlarının elde edilmesi amaçlanmaktadır.

Çaplama işlemine giren burçların operasyon sonrasında dairesellik ölçümleri mekanik olarak ölçülmektedir. Bu çalışma ile kauçuk metal burçlarda dairesellik hataları kontrolü sağlanarak üretim sonrasında karşılaşılabilecek olan sorunların giderilmesi ile kaliteli bir üretimin sağlanması, ayrıca burçlarda dairesellik ölçümleri mekanik olarak ölçüldüğü için hata payı operatörden alınıp daha kesin bir çözüm sunarak doğru sonuçlar elde edilmesi sağlatılması hedeflenmiştir.

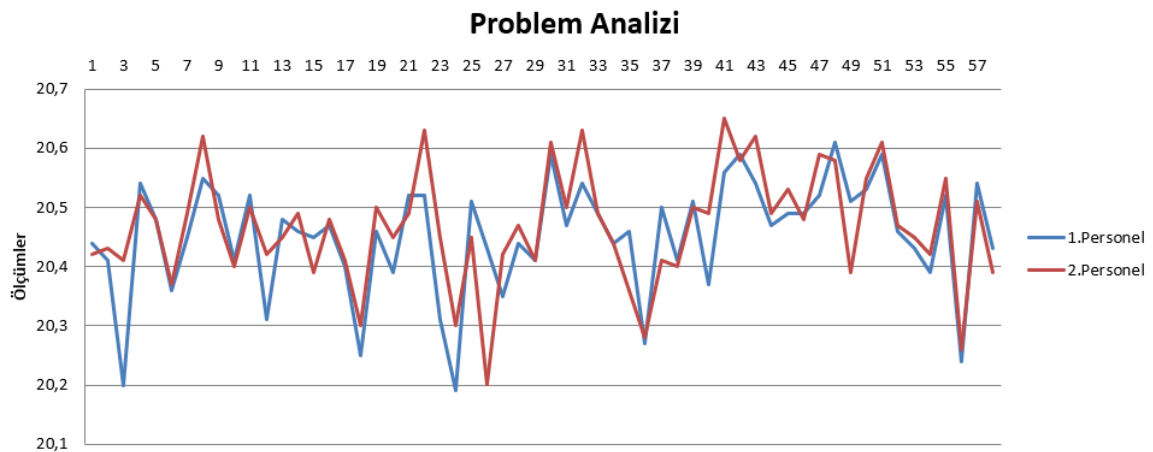
Üretim sonrası kauçuk metal parçaların daireselliğinin bozulması, sıkı geçme ile yerleştirilmesi aşamasında boyutsal toleransların sağlanması ve sıkı geçme şartlarının elde edilerek parçalarda oluşabilecek hataları daha erken tespit edip, oluşabilecek bu hataları en aza indirmek amaçlanmaktadır.

Diğer taraftan çaplama işleminin kauçuk-metal bağlantı dayanımına ve dolayısıyla burcun mekanik özelliklerine etkisi görülür. Bu sebepten dolayı kauçuk metal burçların stres giderilmesi sonrası dairesellik ölçümü kontrolünün sağlanması gerekmektedir.

Problem analizi ile ilgili inceleme yapmak için üretilen 20,5Ø değerinde 58 adet burç üzerinde kalite kontrol personeli ile yapılan ölçümler Şekil 1.4'te kaydedilmiştir.

ÇAP	1. PERSONEL	2. PERSONEL	TOLERANS	FARK	ÇAP	1. PERSONEL	2. PERSONEL	TOLERANS	FARK
20,5 Ø	20,59mm	20,61mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,44mm	20,42mm	0,1 mm	0,02mm
20,5 Ø	20,47mm	20,5mm	0,1 mm	0,03mm	20,5 Ø	20,41mm	20,43mm	0,1 mm	0,02mm
20,5 Ø	20,54mm	20,63mm	0,1 mm	0,09mm	20,5 Ø	20,2mm	20,41mm	0,1 mm	0,21mm
20,5 Ø	20,49mm	20,49mm	0,1 mm	0	20,5 Ø	20,54mm	20,52mm	0,1 mm	0,02mm
20,5 Ø	20,44mm	20,44mm	0,1 mm	0	20,5 Ø	20,48mm	20,48mm	0,1 mm	0
20,5 Ø	20,46mm	20,38mm	0,1 mm	0,1mm	20,5 Ø	20,36mm	20,37mm	0,1 mm	0,01mm
20,5 Ø	20,27mm	20,28mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,45mm	20,49mm	0,1 mm	0,04mm
20,5 Ø	20,50mm	20,41mm	0,1 mm	0,09mm	20,5 Ø	20,55mm	20,62mm	0,1 mm	0,07mm
20,5 Ø	20,41mm	20,4mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,52mm	20,48mm	0,1 mm	0,04mm
20,5 Ø	20,51mm	20,5mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,41mm	20,4mm	0,1 mm	0,01mm
20,5 Ø	20,37mm	20,49mm	0,1 mm	0,12mm	20,5 Ø	20,52mm	20,5mm	0,1 mm	0,02mm
20,5 Ø	20,56mm	20,65mm	0,1 mm	0,09mm	20,5 Ø	20,31mm	20,42mm	0,1 mm	0,11mm
20,5 Ø	20,59mm	20,58mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,48mm	20,45mm	0,1 mm	0,03mm
20,5 Ø	20,54mm	20,62mm	0,1 mm	0,08mm	20,5 Ø	20,46mm	20,49mm	0,1 mm	0,03mm
20,5 Ø	20,47mm	20,49mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,45mm	20,39mm	0,1 mm	0,06mm
20,5 Ø	20,49mm	20,53mm	0,1 mm	0,04mm	20,5 Ø	20,47mm	20,48mm	0,1 mm	0,01mm
20,5 Ø	20,49mm	20,48mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,4mm	20,41mm	0,1 mm	0,01mm
20,5 Ø	20,52mm	20,59mm	0,1 mm	0,07mm	20,5 Ø	20,25mm	20,3mm	0,1 mm	0,05mm
20,5 Ø	20,61mm	20,58mm	0,1 mm	0,03mm	20,5 Ø	20,46mm	20,5mm	0,1 mm	0,04mm
20,5 Ø	20,51mm	20,39mm	0,1 mm	0,12mm	20,5 Ø	20,39mm	20,45mm	0,1 mm	0,06mm
20,5 Ø	20,53mm	20,55mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,52mm	20,49mm	0,1 mm	0,03mm
20,5 Ø	20,59mm	20,61mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,52mm	20,63mm	0,1 mm	0,11mm
20,5 Ø	20,46mm	20,47mm	0,1 mm	0,01mm	20,5 Ø	20,31mm	20,45mm	0,1 mm	0,14mm
20,5 Ø	20,43mm	20,45mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,19mm	20,3mm	0,1 mm	0,11mm
20,5 Ø	20,39mm	20,42mm	0,1 mm	0,03mm	20,5 Ø	20,51mm	20,45mm	0,1 mm	0,06mm
20,5 Ø	20,52mm	20,55mm	0,1 mm	0,03mm	20,5 Ø	20,43mm	20,2mm	0,1 mm	0,23mm
20,5 Ø	20,24mm	20,26mm	0,1 mm	0,02mm	20,5 Ø	20,35mm	20,42mm	0,1 mm	0,07mm
20,5 Ø	20,54mm	20,51mm	0,1 mm	0,03mm	20,5 Ø	20,44mm	20,47mm	0,1 mm	0,03mm
20,5 Ø	20,43mm	20,39mm	0,1 mm	0,04mm	20,5 Ø	20,41mm	20,41mm	0,1 mm	0

Şekil 1.4. Problem analizi



Şekil 1.5. Problem analizi şeması

Ölçüm sonuçları üzerinde Şekil 1.4.'de görüldüğü gibi tolerans aralığında olmayan burçlar kırmızı renkle, tolerans aralığında olan burçlar yeşil renkle, hatalı burçlar ise sarı renkle gösterilmiştir. Hatalı burç olarak değerlendirilen burçlar 5 adet olup, her iki ölçümde de hatalı olarak belirlenmiştir. Boyutsal toleransların ve sıkı geçme şartlarının ölçülmesi operatör kontrolünde yapıldığı zaman operatör inisiyatifinde olmakta ve ölçü aleti kalibrasyonu, ölçü aleti kullanımı gibi operatör yetkinliğine bırakılmaktadır ve bu durum hatalı sonuçlara sebep olmaktadır.

Ölçüm sonuçları Şekil 1.5.'de grafiksel olarak görselleştirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Konuyla ilgili literatür incelemesi yapıldığında kauçuk metal burçların dairesellik ve çap ölçümüne yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Lazer sensör, görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemleri kullanılarak yapılan ölçüm çalışmaları incelenmiş ve irdelenmiştir.

2.1. Literatür Araştırması

Kalliovirta ve ark. (2005), bir ağacın çapını belirlemek için mesafe ve açı bilgilerini kullanarak cihaz ile ağaç arasındaki mesafeyi lazer cihazı ile ölçmüşlerdir. Lazer telemetreye ek olarak, Lazer dürbünü sabit uzunlukta bir kol, elektronik pusula, elektronik eğim ölçer, veri toplama/işleme ünitesi ve bir GPS alıcısı olan değişken genişlikte bir yuva içerir. Bu çalışmada ağaçların çapları, yükseklikleri ve mesafeleri (bir örnek noktanın merkezinden taşıma ve uzaklık) ölçülmüştür. Ayrıca, GPS alıcısı kullanılarak örnek noktalar belirlenmiştir.

Zhongmin Deng (2010), görüntü işlemeye dayalı yeni bir yün lif çapı ölçüm yöntemi önermiştir. Taramalı elektron mikroskopu altında dikey kesitli yün fiber görüntüsü için Matlab ile bir dizi bilgisayar görüntü işleme kullanılmıştır. Yün lif görüntüsünün karakteristik parametreleri çıkarılmıştır. Daha sonra ortalama çap, standart sapma vb. gibi bir dizi parametre tahmin edilmiştir. Sonuçlar, önerilen yöntemin yün lif çapının pratik ölçümüne uygulanabilir olduğunu göstermiştir.

Gadelmawla (2011), dişli ölçümleri için görüntü işleme yöntemlerini kullanmıştır. Sırasıyla görüntü binary formatına dönüştürülüp komşu piksellerle karşılaştırılmıştır. Kenar belirleme işlemleri uygulanarak daha düzgün bir görüntü elde etmek için morfolojik işlemler uygulanmıştır. Merkez ve dış çapları belirlenmiş, C++ programı ile arayüz tasarımı yapılmıştır. Bu sayede tolerans değerleri belirtilerek sonuçlar çıktı olarak ekrana yansıtılmıştır.

İbrahim Özdemir ve ark. (2013), havadan lazer tarama verilerinden elde edilen değişkenler ile arsa düzeyinde ağaç boyutu çeşitliliği arasındaki ilişkileri araştırarak lazer tabanlı yükseklik yüzdelik oranlarının ve türetilen doku ölçümlerinin kombinasyonunun, orman manzaraları boyunca ağaç boyutu, yükseklik, göğüs yüksekliğindeki çap, taç uzunluğu ve taç genişliği çeşitliliğini tahmin etmek için değişken zemine dayalı yöntemlerle ölçmüşlerdir.

Qiucheng Sun ve ark. (2014), bir milin çapını ölçmek için dijital bir görüntünün işlenmesine dayanan temassız ve yüksek hassasiyetli bir yöntem sunmuşlardır. Yöntem temel olarak üç adımdan oluşur. Birincisi, kamera, yerel kamera modelini optimize etmek için yalnızca görüntünün ölçüm alanındaki özellik noktalarını kullanan gelişmiş bir yaklaşımla kalibre edilir, ikinci olarak ilk adımda modelin parametreleri yardımıyla mil çapının belirlenmesi için bir ölçüm yöntemi önerilmiştir. Son olarak, shaftın uzamsal konumunu doğru bir şekilde somutlaştırmak için, çapı bilinen bir shaft ölçülerek dışsal parametreler yeniden kalibre edilir ve ardından yeni dışsal parametreler aracılığıyla ölçüm hassasiyeti iyileştirilir. Deneysel veriler, önerilen yöntemin yaklaşık 0.005 mm'lik nispi hatalarla yüksek hassasiyet sergilediğini göstermektedir.

Hüseyin Polat (2014), geliştirmiş olduğu optik çap ölçüm sistemi ile temassız çap ölçümleri gerçekleştirmiştir. Kullanmış olduğu lazer diyot ve lens ile paralel ışık demeti oluşturarak karşılıklı konumlandırılan CCD algılayıcı üzerine nesne gölgesi düşürülmüştür. Gölge altında kalan kısımlarda pikseller aydınlatılmadığı için nesne çapı oluşturulan bu gölge sayesinde ölçülebilmektedir.

Bekir Çırak ve ark. (2014), çap ölçümleri için temaslı ölçüm sistemi kullanarak numune üzerinde 26 farklı nokta belirleyerek problemler dokundurulmuş ve yapay sinir ağları ile temas noktalarında kesişen bir daire çizdirilmiş ve bu kenarların uzunluğu ölçülmüştür. Bu daireler ile yapay zeka sayesinde deney numunesi dairelerinin çapını ortaya çıkartmışlardır.

Ville Kankare ve ark. (2015), havadan lazer tarama tabanlı, karasal lazer taramadan türetilen ağaç haritalarının kullanımını ve çap dağılımını tahmin etme kabiliyetini göstermek için çalışmalar yapmıştır. Çeşitli orman koşullarında TLS nokta bulutlarının otomatik ölçümü ile ağaç haritalarını ve ağaç özniteliklerinden gerekli referans bilgilerini sağlamışlardır. Sonuçlar, ağaç yoğunluğu arttıkça DBH doğruluğunun azaldığını göstermiştir. MS-STI ile çap dağılımı tahminin, büyük ölçüde orman yapısına ve kullanılan ağaç haritalarının doğruluğuna bağlı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Emre Ülkü ve ark. (2015), lif çapı tespitinde görüntü işleme tekniğini denemişlerdir. Bu amaçla seçilen çeşitli bitkisel ve hayvansal tekstil liflerinin mikroskopik yöntem ile boyuna görünümünü bilgisayar destekli bir ışık mikroskobu ile elde etmişlerdir. Bu görüntülerden mikroskop ile liflerin çap değerlerini ölçmüşlerdir. Aynı görüntüleri görüntü işleme teknikleri kullanılarak bölütlemişler ve elde edilen yeni görüntülerden liflerin çap değerlerini ölçmüşlerdir. Mikroskop altında bulunan çap değeriyle görüntü işleme tekniği ile bulunan çap değerini kıyaslanmışlardır.

Murat Cirit ve ark. (2015), açıkta ve kontrollü tozlama yöntemleri ile 20 farklı genotipten elde edilen koçan örnekleri kullanarak iki farklı yazılımın karşılaştırılmasını amaçlamışlardır. Çalışmada görüntü işleme yazılımı olarak SmartGrain ve Fiji seçenekleri denemişlerdir. Uzunluk, çapı, tane sayısı, tane boyu değerlerinin sonuçlarını kıyaslamışlardır. Sayı adeti her iki yazılımda da istenilen sonuçları vermiştir. Uzunluk ve çap ölçümlerinde istenilen sonuçlar elde edilememiştir.

Mustafa Akgül ve ark. (2016), lazer tarayıcı kullanarak ağaçların modellenmesini ve göğüs yükseklik çaplarını, boylarını ve mesafe ölçümlerini gerçekleştirmiştir. Analiz sonuçlarına göre gerçek ölçüm ile lazer tarayıcı ölçümleri arasında doğrusal bir ilişki ortaya çıkarmışlardır.

Kale ve Maknikar (2016), dişli ölçümleri yapabilmek için görüntü işleme yöntemleri kullanmışlardır. Üretim hattından elde edilen görüntüler RGB'den gri renge dönüştürülerek binary formata dönüştürülmüştür. Segmentasyon işlemi yapılan görüntüler kırılarak dişli ölçümleri Matlab uygulaması üzerinden başarıyla tamamlanmıştır.

Osmanoğlu ve ark. (2016), göz içi mercek ölçümleri için geliştirdikleri sistemde görüntü işleme yöntemi kullanarak Lenstar cihazı ölçümleri ile karşılaştırmalar yapmışlardır. Denemeler için 10 kişi belirlenmiştir. Elde edilen görüntülerde sırasıyla göz bölgeleri kırılmış, RGB renkten gri renge çevrilmiş, binary forma dönüştürülerek arka plan görüntü üzerinden ayrıştırılmıştır. Son olarak piksel milimetre dönüşümleri yapılarak ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır. Geliştirilen sistemin hassasiyet ve tolerans değerleri Lenstar cihazından daha hassas ve doğru sonuçlar vermiştir.

Jawad ve ark. (2017), görüntü işleme teknikleri kullanarak daire ve küplerin farklı uzaklıklarda ölçümlerini sağlamışlardır. Sonuçlara göre farklı mesafelerdeki ölçümler lineer sonuçlar sağlamamıştır. Bunun sebebi teorik olan değişim mesafesi nesnelerin kesitlerinde lineer değişiklik sağlamamıştır.

Bayram ve ark. (2019), görüntü işleme teknolojisi kullanarak yaptıkları çalışmada, çember tespiti yapmışlardır. Hough dönüşüm algoritması, Python dili ve OpenCV kullanarak yazılım gerçekleştirilmiştir. Farklı çözünürlükte alınan görüntüler sabit aydınlatma altında çekilmiştir. Çözünürlük ile karşılaştırıldığı zaman 10 MP kamerada %96,29 doğruluk sağlanmıştır.

Usame Ömer Osmanoğlu ve ark. (2019), sağlık alanında görüntü işleme yöntemlerini kullanmışlardır. MATLAB programı ile MR görüntülerinde hesaplamalar

yapmışlardır. MATLAB ve Lenstar cihazı karşılaştırmaları sonucunda anlamlı bir fark bulunamamıştır.

Mehmet Yoldaş ve ark. (2020), alüminyum ekstrüzyon profillerin temaslı ölçümler yerine görüntü işleme teknolojisi kullanarak profillerin kesit ölçümlerini yapmışlardır. Görüntüler elde edildikten sonra filtreleme işlemleri gerçekleştirilip görüntüdeki gürültüler giderilmiştir. Kenar belirleme işlemleri uygulayarak kesit ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Bazı matematiksel işlemler yapılarak istenilen kesitlerin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Piksel-mm dönüşümlerini gerçekleştirmek için ölçüleri kesin bilinen referans nesnelere kullanmışlardır.

Min Koo Kim ve ark. (2021), inşaat demiri çaplarını otomatik olarak sınıflandırmak ve inşaat demiri aralığını doğru bir şekilde tahmin etmek için makine öğrenimini kullanan yeni bir karasal lazer tarama (TLS) tabanlı yöntem sunmaktadır. Bu amaçla, sınıflandırma doğruluğunu artırmak için yoğunluğa dayalı makine modeli adı verilen yeni bir metodoloji önerilmiştir. Önerilen yöntemi doğrulamak için, yedi farklı çapta donatı içeren laboratuvar numuneleri üzerinde deneysel testler yapılmıştır. Sonuçlar, D25-D40'ı ölçen büyük inşaat demiri çapları için tahmin doğruluğunun %97,2'ye kadar olduğunu ve önerilen tekniğin üretim ve şantiyelerde uygulanması için büyük bir potansiyel olduğunu göstermektedir.

Iraklis Giannakis ve ark. (2021), araştırılan donatının çapını kullanılan antenin çözünürlük aralığında tahmin edebilen yeni bir makine öğrenimi çerçevesi geliştirmişlerdir. Önerilen yaklaşım, sinir ağlarını ve rastgele bir orman regresyonunu birleştirir ve tamamen sentetik veriler kullanılarak eğitilmiştir. Eğitim süreci sadece sayısal eğitim setlerine dayanmasına rağmen, önerilen şema, elde edilen regresyonun genelleme yeteneklerini gösteren gerçek verilerle başarıyla değerlendirilmiştir.

Ana Karina Vieira da Silva ve ark. (2021), makine öğrenimi teknikleri (ML), orman plantasyonlarındaki ağaçların büyümesini ve verimini tahmin etmek gibi birden fazla uygulamayı verimli bir şekilde ele aldıkları için hassas tarım uygulamalarında dikkat çekmiştir. Okalipütüs ağaçlarının göğüs yüksekliğindeki çapını (DBH) ve toplam yüksekliğini tahmin etmek için isimsiz bir hava aracı (İHA) ile elde edilen ML tekniklerinin ve VI'ların performansını araştırmaktadır. Ayrıca modele, farklı okalipütüs ağacı türlerini tanımlayan girdi olarak kategorik bir değişken eklemiştir. RF tekniği, test edilen tüm konfigürasyonlar için genel olarak üstün bir tahmin elde edilmiştir. Sunulan yaklaşım, dikilmiş ormanların envanterine ve yönetimine ilginç bir katkı oluşturmaktadır.

Rahul Rao ve ark. (2021), tek duvarlı karbon nanotüplerin dar bir çap aralığında seçici olarak büyütme için büyümenin uygun olduğu ve mümkün olmadığı bölgeleri haritalayan ve sentez koşullarını daha da optimize eden beklenen iyileştirme karar politikasına dayalı bir makine öğrenimi planlayıcı kullanmışlardır. Dikkat çekici bir şekilde, planlayıcı, göreceli yakınlıklarına rağmen iki çap aralığını en üst düzeye çıkarmak için önemli ölçüde farklı sentez koşulları ortaya çıkarmıştır.

Ma Jinyu ve ark. (2021), açı ayarının etkisi, iş parçasının çapının ölçümünde lazer yer değiştirme sensörlerinin hatalarını incelemiş ve bunların kalibrasyon yöntemini önermişlerdir. Yer değiştirmenin açı ayarı hataları arasındaki ilişki sensörler ve çapın hesaplanan hataları nicel olarak analiz edilmiştir. Modelleme süreci kalibrasyon yöntemi gösterilmiş ve simülasyonlar yoluyla yöntemin etkinliği doğrulanmıştır. Son olarak koordinat ölçme makinesi kullanılarak açı ayarı hataları kalibre edilmiştir.

Yunus Emre Karabacak (2022), arızalı ve arızasız rulman tespiti için evrişimli sinir ağlarını (ESA) kullanmıştır. Eğitim için spektrogram verileri kullanılmıştır. Aynı yöntemin kullanıldığı yaklaşımların sonuçlarını inceleyerek doğruluk paylarını tespit etmiştir. Spektrogram verileri ile eğitilen GoogleNet, ResNet-50, EfficientNet-B0 ve AlexNet yaklaşımlarının sonuçları karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Karmaşık mimariye sahip ESA'ların (GoogleNet, ResNet-50, EfficientNet-B0) arızaları %100 doğrulukla, AlexNet'in ise %90 doğrulukla tespit ettiği görülmüştür, ancak ağ yapısı değiştikçe ve katman sayısı arttıkça eğitim süresinin de uzadığı görülmüştür. Elde edilen sonuçların literatürdeki çalışmaların sonuçlarından üstün olduğu gözlenmiştir.

Bu çalışmanın literatürden en önemli farkı, otomotiv süspansiyon sistemi bileşenlerinden burç parçasının üretim kontrolünde çap ve dairesellik kontrolünün doğrulanması, aynı zamanda lazer sonuçlarının görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmasıyla kesin sonuca ulaştırılmasıdır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, problem analizi, çözümler, sistemin tasarlanması, uygun ürün seçimi, hassasiyetlerin belirlenmesi, programlama, seri denemeler ve sonuçların katkıları olarak tamamlanmıştır.

3.1. Donanım

Verilerin elde edilmesini sağlayan, analog görüntülerin ve sinyallerin dijital hale dönüştürülmesini sağlayan kısımdır. Kamera, lazer sensör, servo motor, burç döndürme işlemleri için yapılan mekanik sistem örnek olarak gösterilebilir. Bu yapılan seçimler, işlemler ile verilerin toplanılmasına olanak sağlamaktadır.

3.1.1. Endüstriyel Kamera

Endüstriyel kameralar endüstriyel uygulama üretim sahalarının izlemesi ve ölçüm proseslerinde, kalite kontrol amaçlı kullanılan ve ağır çalışma koşullarında yüksek kalitede çalışabilmesi için imal edilen kameralardır. Şekil 3.1.'de örnek bir endüstriyel kamera görülmektedir.



Şekil 3.1. Endüstriyel kamera

Hızlı programlanabilen ve kolay kullanılan otomatik kamera sensörleri KEYENCE ile nesnelerin varlığını tespit etmenin yanında nesnelerin uygunluğunun, renk doğruluğunun, konumunun doğruluk onayını veya montajının doğruluk onayını sağlamaktadır. Sahip olduğu teknoloji sayesinde hedeflenen kontrolleri sağlayarak algılama ve kontrol etme aşamasında kullanıcılarına geniş bir perspektif sunar. Hedef nesnenin pozisyonu değiştiğinde pozisyon değişimden etkilenmeyecek şekilde kararlı kontrol yapabilmektedir. Ayrıca hedef nesne üzerinde birden fazla noktanın belirli bir alanda kontrolü yapılması gerektiğinde çoklu kontrollerin eş zamanlı yapılmasını sağlar.

Çalışma için tercih edilen programlanabilir endüstriyel kamera Şekil 3.2'de görülmektedir. Nesnelerin eşleşme oranı ana kayıt görüntüsünde kaydedilen şekle göre

hesaplanır. Normalleştirilmiş korelasyon yöntemleriyle daha önce işlemesi zor olan parlaklık farkları veya yüzey koşullarındaki tekil farklar bu sayede tespit edilebilmektedir.



Şekil 3.2. Endüstriyel programlanabilir kamera

3.1.2. Lazer Sensör

Değişen dalga boylarında elektromanyetik ışın yayan bir devre elemanı olarak tanımlanabilen lazer, tek dalga boyundaki tek renk ve faz içeren dalgaların meydana getirdiği ışık demetinden oluşmaktadır (Everett, 1995).

Lazer sensörün temel amacı lazer demetlerinin yüzeye yansıtılması ve yüzeyden yansımaları arasındaki süre farkını hesaplamaktır. Işık hızından mesafe hesabı yapılmaktadır. Şekil 3.3'te örnek bir lazer sensör görülmektedir.



Şekil 3.3. Lazer sensör

Çalışma için seçilen LEUZE ODSL9 optik mesafe sensörü 0,01mm çözünürlükte seçilmiştir. Optik mesafe ölçme prensibi triangülasyon temelli yani mesafe tanımlanması, lazer ışını ve kameraya geri yansıyan ışının kesişimi ile yapılmaktadır. Şekil 3.4'te görülen sensör 18-30VDC çalışma gerilimine sahiptir ve 2 adet dijital çıkış, 1 adet analog çıkış bulunmaktadır.



Şekil 3.4. LEUZE ODSL9

3.1.3. Servo Motor

Servo motor, geri besleme düzeneği bulunduran ve kontrol sağlayan otomatik cihazlara verilen isimdir. Herhangi bir mekanizmada işleyişi ve hatayı tespit edebilir (Küpeli, 2018).

Motorlar genel olarak açık döngü prensibine göre çalışırlar fakat servo motorlar kapalı döngü prensibi ile çalışmaktadır ve geri besleme düzeneğine sahiptir. Bunun için sahip olduğu entegre kontrol sinyalini alıp harekete geçtikten sonra içindeki potansiyometre sayesinde gerçek pozisyonu öğrenmesi ile motorun gittiği konumu gitmesi gereken konuma doğru yönlendirir (Tokel, 2009).

Şekil 3.5’te görülen servo motor Delta ECMA-C20602RS seçilmiştir. Servo motor 200W gücünde olup, anma hızı 3000rpm, anma torku 0.64Nm ve frensizdir.



Şekil 3.5. Servo motor

3.1.4. Servo Motor Sürücü

Servo sistemi motor, yük ya da aktarma organından meydana gelmektedir. Hız, pozisyon veya moment değerlerinin verilen referans değerine göre hareket ettirilmesini sağlayan mekanik güce servo sürücü ismi verilmektedir.

Servo sürücü olarak Şekil 3.6’de görülen Delta ASD-B2-0221-B modeli seçilmiştir. 220V çalışma gerilimine sahip olup, 200W gücündedir.



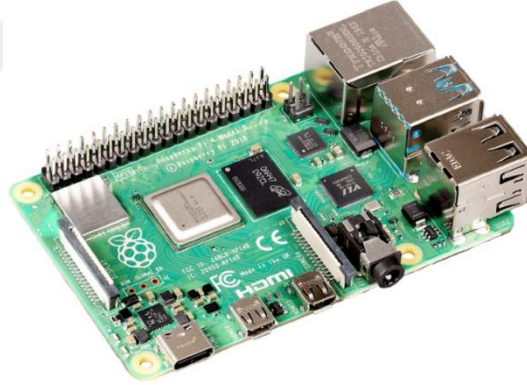
Şekil 3.6. Servo motor sürücü

3.1.5. Raspberry Pi-4

Raspberry Pi, Raspberry Pi Vakfı tarafından geliştirilen, kredi kartı büyüklüğünde bir tek kart bilgisayardır. Eğitim, robotik-kodlama, yapay zekâ, makine öğrenmesi, IoT, görüntü işleme, endüstriyel amaçlarla kullanılır (Kaya, 2021).

Raspberry kısaca bir bilgisayardır. Bilgisayarlar için gerekli işlemci, RAM bellek, giriş ve çıkış gibi birimlerin tamamı bir devre kartı üzerinde entegredir.

Çalışma için Şekil 3.7’de görülen Raspberry Pi 4 Model B tercih edilmiştir. Dört çekirdekli Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.5GHz, OpenGL ES 3.0 destekli grafik işlemci ve 2 × mikro-HDMI porta (4K 60fps destekli) sahiptir.



Şekil 3.7. Raspberry Pi-4

3.1.6. Programlanabilir Mantıksal Denetleyici

Programlanabilir mantıksal denetleyiciler otomasyon sistemlerinin gözbebeğidir. Kumanda ve kontrol işlemlerinde sıklıkla kullanılmakta olan PLC’ler endüstriyel bilgisayarlardır. Giriş birimi, CPU ve çıkış birimi gibi ana bölümlerden oluşurlar.

Çalışma için Şekil 3.8’de görülen Delta AS228T PLC tercih edilmiştir. 8 Dijital ve 2 Analog giriş, 6 PNP dijital, 2 analog çıkış ve 64K Step program kapasitesi bulunmaktadır. Yeni giriş çıkış tarama sistemi ile 2.048 adet giriş çıkış sadece 0.1ms’de tarayabilir. Saniyede 200.000 (200kHz) tetikten, 4.000.000 (4MHz) tetiğe kadar dijital giriş ve çıkış kontrolü, dahili CANopen haberleşmesi üzerinden 8 eksene, hızlı çıkışlar

ile 12 eksene kadar servo/step motor sürülebilir. El çarkı, home, kapalı çevrim, rampalı pozisyonlama gibi birçok işlem fonksiyon blokları ile kolayca yapılabilir.



Şekil 3.8. Delta AS228T PLC

3.1.7. İnsan Makine Arayüzü

HMI Panel, üzerinde işletim sistemi çalıştıran bir çeşit bilgisayardır. İşletim sistemleri kullanıcıya kapalıdır ve özel editörler yardımı ile programlanırlar. Farklı işletim sistemleriyle uyumlu kullanılabilmektedirler.

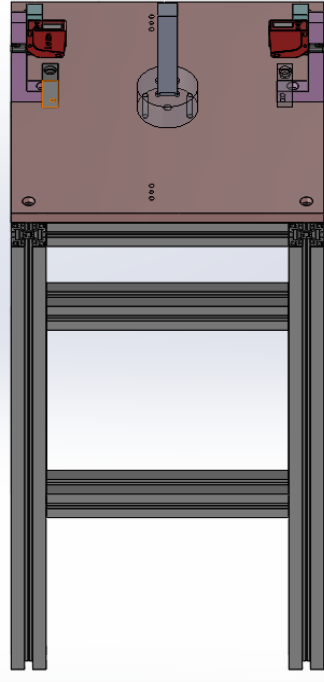
Çalışma için Şekil 3.9’da görülen LS XP-40-TTA/DC modeli tercih edilmiştir.7 inç büyüklüğünde, 10MB görüntü verisi hafızası, 512KB yedekleme hafızası bulunmaktadır.



Şekil 3.9. HMI

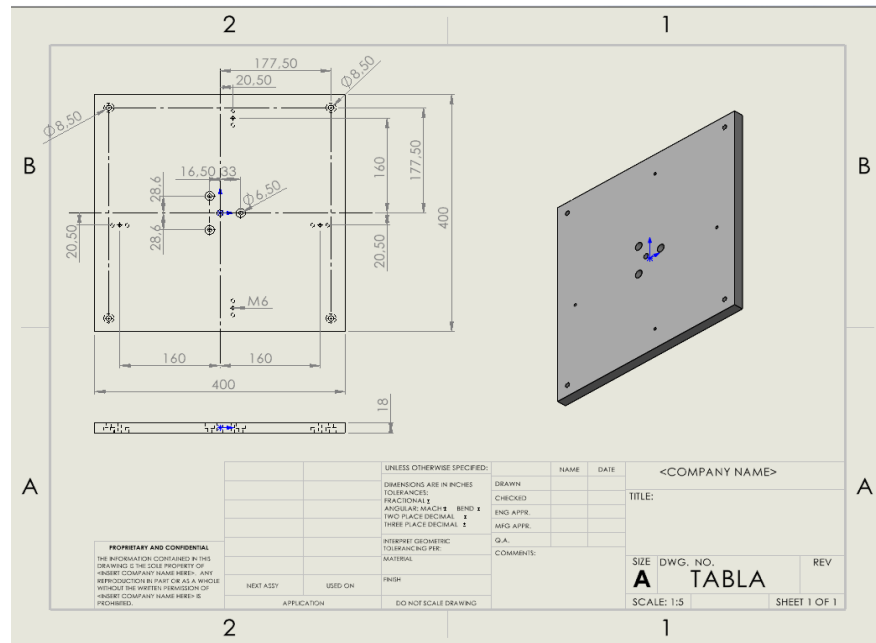
3.1.8. Mekanik Düzenek

Tasarım temel olarak karşılıklı konumlandırılmış iki adet mesafe sensörü, merkez aynası ve sensör konumlandırma aparatlarından oluşmaktadır. Merkez ayna üzerinde konumlandırılacak kamera sayesinde algılama ve tespit işlemleri gerçekleştirilebilir. Tasarım Şekil 3.10’da görülmektedir.



Şekil 3.10. Tasarım

Oluşturulacak olan aparatlar için yapılmış fizibilite çalışmasına göre ilk olarak alt tabla tasarımı ve torna aynası seçimi yapılmıştır. Tablanın merkezinde olacak şekilde torna aynasının konumlandırılması gerekmektedir. Teknik resim Şekil 3.11’de verilmiştir.



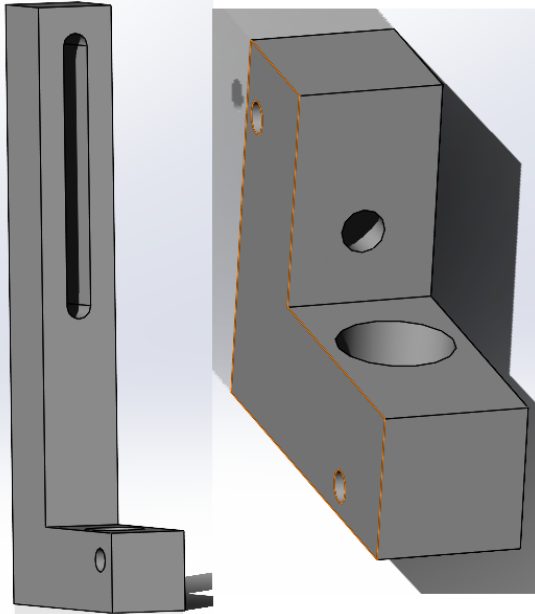
Şekil 3.11. Alt tabla teknik resim

Kaydedilen tablodaki burç çeşidine göre modüler tasarım sağlamak için burç iç çaplarına uygun burç konumlandırma aparatları tasarlanıp üretilmiştir. Yapılan iç burç aparatları Şekil 3.12’de örneklendirilmiştir.

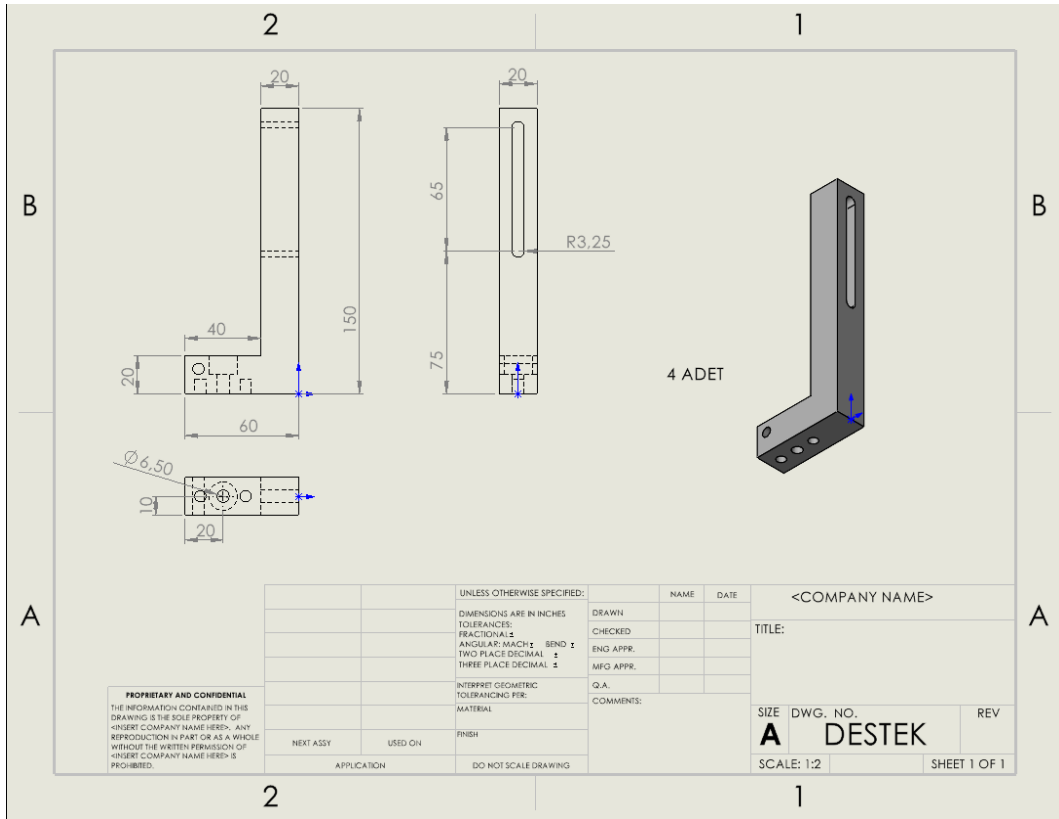


Şekil 3.12. İç burç aparatları

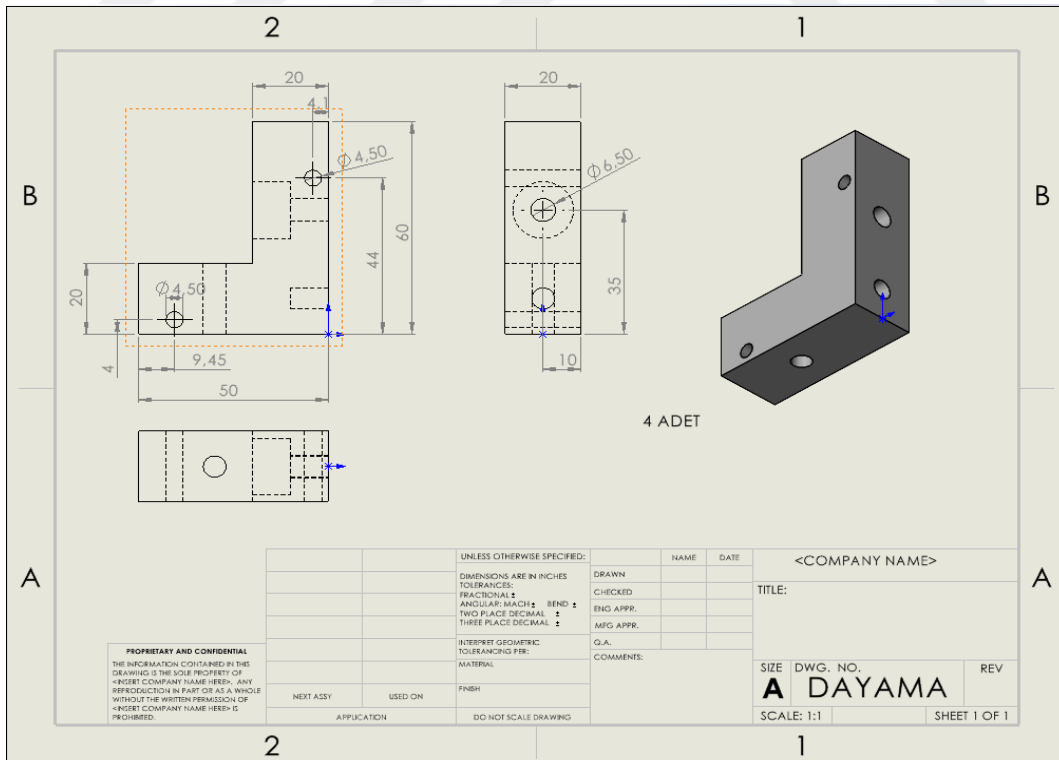
Aynı zamanda aparat, burç stoğuna göre hatasız yükseklik ayarı yapılabilecek şekilde lazer sensör için tasarlanmıştır. Yapılan hareket aparatları Şekil 3.13’te örneklendirilmiştir.



Şekil 3.13. Hareket aparatları



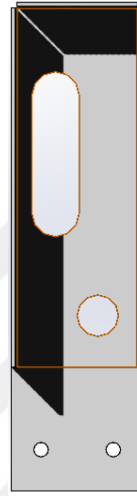
Şekil 3.14. Hareket aparatları teknik resim-1



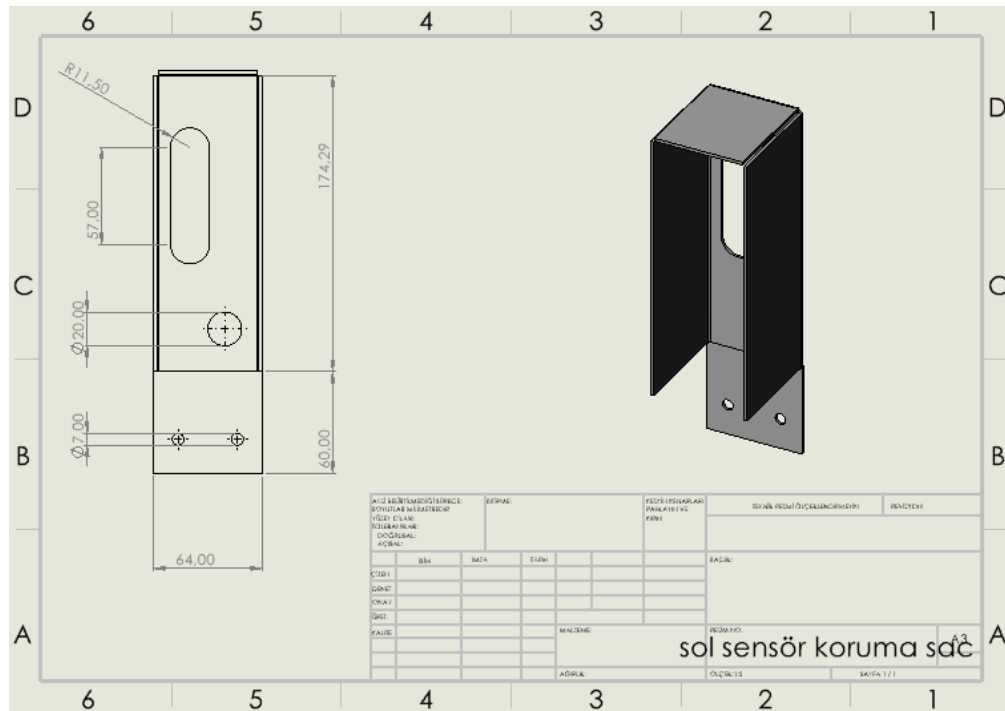
Şekil 3.15. Hareket aparatları teknik resim-2

Lazer sensörlerin yükseklik ayarı yapılırken oluşabilecek bir sapma, lazer mesafe değerini etkileyebileceği için sabitlenebilir bir şekilde ve yalnızca y ekseninde hareket edecek tasarımda üretilmiştir. Tasarım ve üretim teknik resimleri Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te görülmektedir.

Koruma sacı, sensörlerin dış darbelerle, ortam kirliliklerine ve operatör temasına engel olabilmesi için tasarlanmış ve üretilmiştir. Hareket mekanizması ve kablo yuvası için yuvaları açılmıştır. Koruma sacı Şekil 3.16'da ve teknik resmi Şekil 3.17'de görülmektedir.



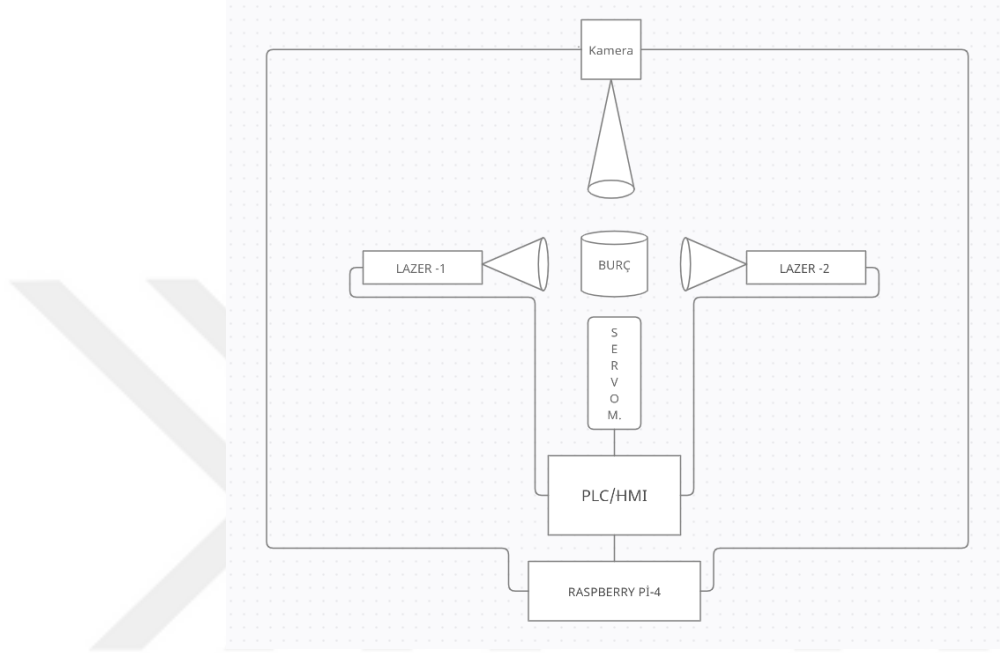
Şekil 3.16. Koruma sacı



Şekil 3.17. Koruma sacı teknik resim

3.1.9. Devre Şeması

Kurulan devre bağlantı şeması Şekil 3.18’de verilmiştir. Burç yüzeyine kuş bakışı konumlandırılan bir endüstriyel kamera eklenmiştir. Burcun her iki kenarına lazer konumlandırılmış olup burcun dönüşünü sağlamak amacıyla alt kısma servo motor yerleştirilmiştir ve PLC-HMI ve Raspberry Pi-4 bağlantıları yapılmıştır.



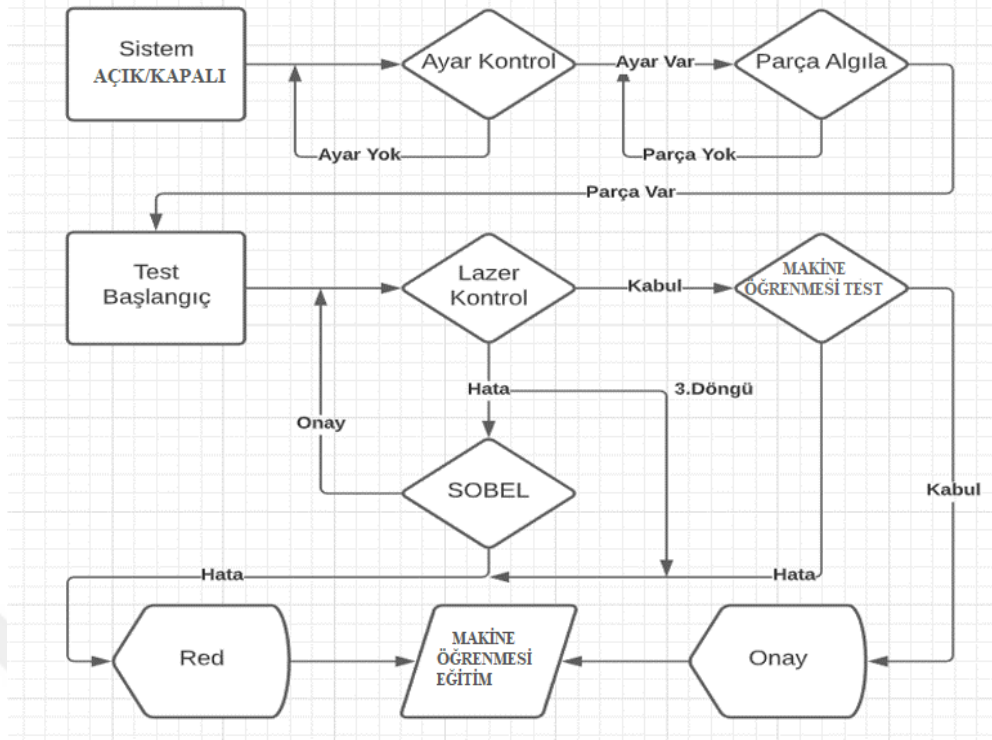
Şekil 3.18. Devre şeması

3.2. Yazılım

Donanımsal sistem sonrası görüntü ve sinyaller elde edilir. Elde edilen bu veriler üzerinde yapılan çalışmalar yazılım ile sağlanır. Kullanılan programlar, faydalanılan yazılımlar, kütüphaneler ve sistem işleyişi yazılım başlığı altında bulunmaktadır.

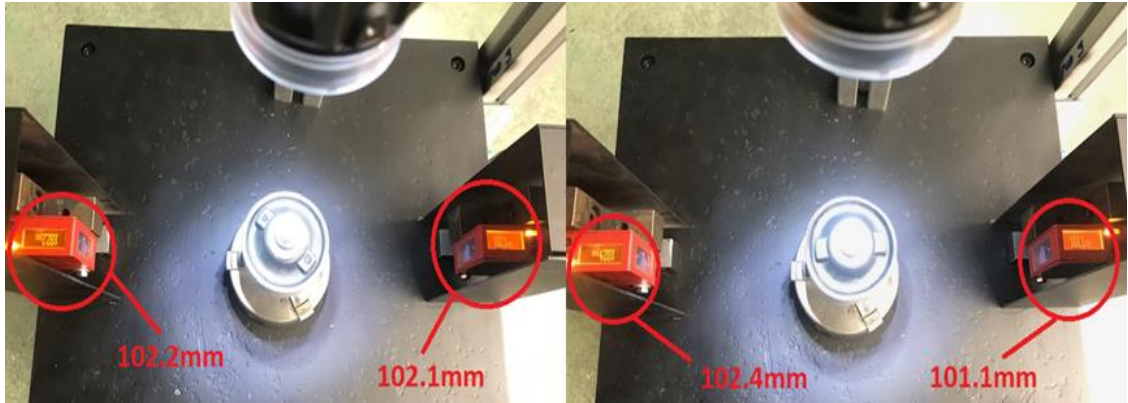
3.2.1. Akış Diyagramı

Mevcut sistemde kauçuk burçlarda dairesellik ölçümleri mekanik olarak ölçülebilmektedir. Bu çalışma ile lazer sensör, görüntü işleme ve derin öğrenme sayesinde ölçümler daha hassas yapılabilmektedir. Akış şeması Şekil 3.19’da görülmektedir.



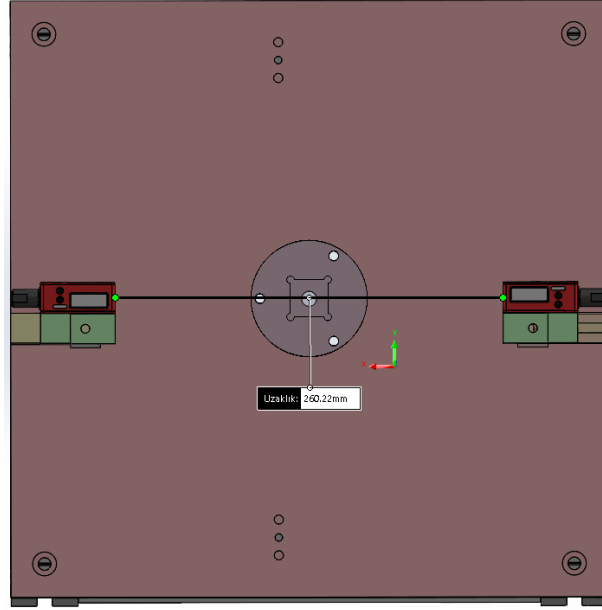
Şekil 3.19. Sistem akış şeması

İlk olarak sensör merkez mesafesi ve çap değeri referans alınarak sensör yer değiştirme bilgisi karşılıklı konumlandırılan lazer sensörler ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırılan değer, bir sonraki görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmasına aktarılacaktır. Şekil 3.20’de örnek bir ölçüm görülmektedir.



Şekil 3.20. Lazer karşılaştırma

Şekil 3.21’de görülen lazer ölçüm sisteminin çalışma prensibi ele alındığında, karşılıklı lazer sensörler arası uzaklık 260mm olarak konumlandırılmıştır. Sensörler aynı merkeze hizalanmıştır.

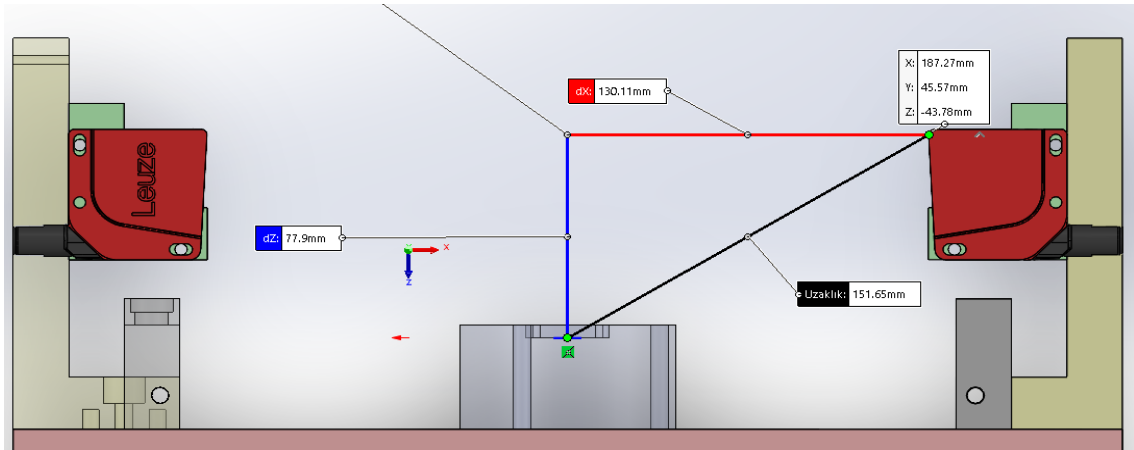


Şekil 3.21. Karşılıklı konumlandırma

Lazer sensörden bir tanesi ile merkez nokta uzaklığı 130mm'dir. Merkeze uzaklığı bilinen lazerlerin sırasıyla anlık ölçülen değer sol = x_1 ve sağ = x_2 'dir. Sol sensör için $130\text{mm} - x_1$ ve sağ sensör için $130\text{mm} - x_2$ 'dir.

Örneğin x_1 değeri 114,80mm ve x_2 değeri 114,7mm olsun.

$130\text{mm} - 114,80\text{mm} = 15,20\text{mm}$ sol ve $130\text{mm} - 114,7\text{mm} = 15,30\text{mm}$ sağ olur. Bu şekilde sol gösterge 30,2Ø ve sağ gösterge 30,3Ø çap değerini gösterir. Çap değeri ve tolerans değeri girilen parçanın hata oranı bu şekilde çıkartılır. Şekil 3.22'de mesafe analizi görülmektedir.

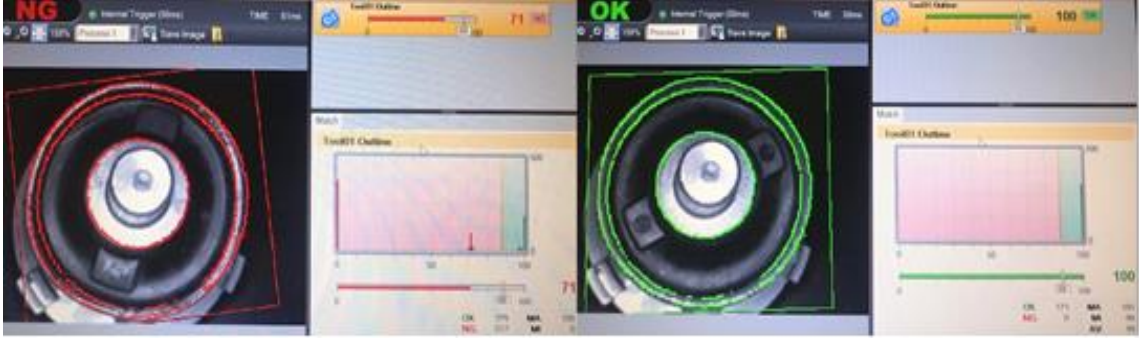


Şekil 3.22. Konum mesafe analizi

İkincisi, aktarılan sensör bilgisi hafızada saklanır. Programlanabilir endüstriyel kamera ile görüntü işleme algoritmaları programlanarak yüzey dairesellik eşleşmesi için SOBEL algoritması kullanılmıştır. Bu konuda birçok algoritma olmasına rağmen en

yaygın olarak kullanılan ve en etkili olanı SOBEL algoritmasıdır. SOBEL operatörü, bir görüntünün kenarlarına karşılık gelen alansal yüksek frekanslı bölgeleri ortaya çıkarır. Ana resim üzerinde SOBEL algoritması uygulanır ve burç eşleşme haritası ile doğrulanır.

Programlanabilen endüstriyel kamera, SOBEL algoritması kullanılarak programlanmıştır. İlk olarak ana kayıt görüntüsü belirlenir. Belirlenen çaplara uygun olarak seçilen programda, bulunan kenarların eşleşme oranı hesaplanır.



Şekil 3.23. Onay/Red karşılaştırma

Hesaplanan eşleşme oranına göre %88 eşleşmenin altı reddedilir ve yeniden lazer kontrol işlemine geçilir. Şekil 3.23'te görülen lazer onayından geçen parça derin öğrenme algoritmasına aktarılır.

3.2.2. Faydalanılan Yazılımlar

Görüntü işleme, mantıksal denetleyici, derin öğrenme ve analog sinyaller kullanılarak yapılan çalışmada Python dili, Delta mantıksal denetleyici ve LS insan makine arayüzü kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Aşağıda faydalanılan yazılımlar ile ilgili bazı bilgiler verilmiştir.

3.2.2.1. Python

Python, nesne yönelimli, yorumlamalı, birimsel (modüler) ve etkileşimli yüksek seviyeli bir programlama dilidir. Girintilere dayalı basit söz dizimi, dilin öğrenilmesini ve akılda kalmasını kolaylaştırır. Bu da ona söz diziminin ayrıntıları ile vakit yitirmeden programlama yapılmaya başlanabilen bir dil olma özelliği kazandırır.

Modüler yapısı, sınıf dizgesini ve her türlü veri alanı girişini destekler. Python ile sistem programlama, kullanıcı arabirimi programlama, ağ programlama, web

programlama, uygulama ve veri tabanı yazılımı programlama gibi birçok alanda yazılım geliştirilebilmektedir.

Python, çalışma içerisinde derin öğrenme çalışmaları için kodlamalarda ve bazı ufak işlemlerde kullanılmıştır. Şekil 3.24'te Python örneği verilmiştir.



Şekil 3.24. Python

Python'un en önemli özelliği son derece kolay okunabilir olmasıdır. Parantezler yerine girintiler kullanır. Hatta bazı durumlarda girintileme işlemine dahi gerek kalmadan kodun ilgili bölümü tek satırda yazılabilir. Sade söz dizimi ile diğer programlama dillerinden üstündür.

Şekil 3.25.'te örnek bir Python kodlaması gösterilmiştir.

```
1 veri = input('Bir veri giriniz:')
2 print(veri)
```

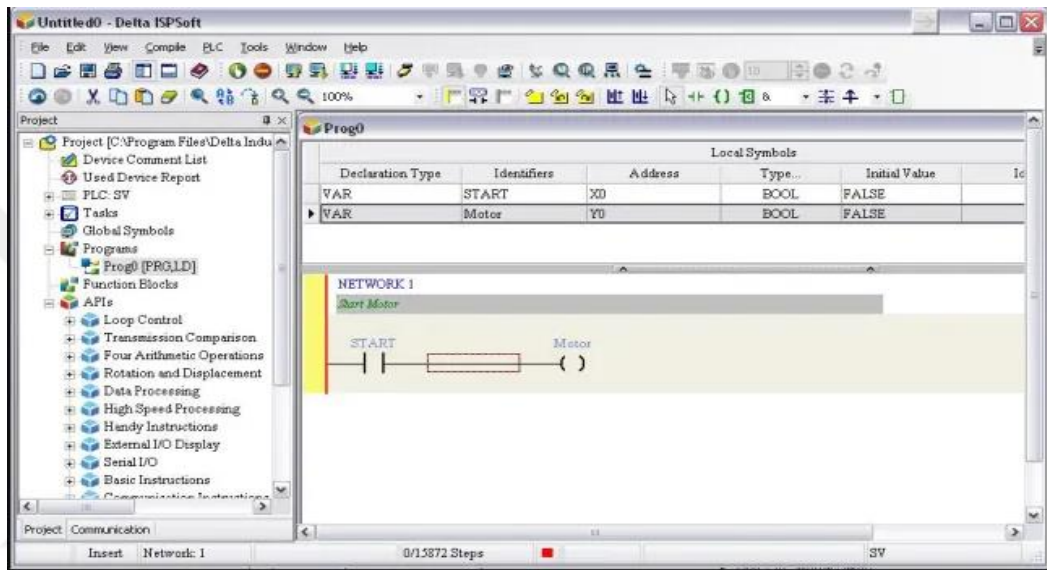
Şekil 3.25. Örnek Python programı

3.2.2.2. OpenCV

OpenCV açık kaynaklı görüntü işleme kütüphanelerinden en yaygın olarak kullanılanlardan birisidir. Python, C#, C++, Java gibi birçok yazılım dili ile kullanılabilir. Bunun yanı sıra farklı işletim sistemlerinde çalışma özelliğine sahiptir. BSD lisansına sahip olması nedeni ile istenilen bir projede ücretsiz olarak kullanım imkânı sunmaktadır. OpenCV, içeriğinde 2000'den fazla kütüphane bulundurmakta ve bu kütüphanelerden çoğu görüntü işleme ve makine öğrenmesi tabanını kapsamaktadır.

3.2.2.3. ISP Soft

Delta, kullanıcılarına ISP-Soft ve WPL-Soft olmak üzere 2 programlama arayüzü sunmaktadır. Bu PLC modeli ile de ilgili bir durumdur. AS ve AH serisi PLC kullanılıyorsa bu model PLC'ler yalnızca ISP Soft ile programlanabilir. DVP serisi PLC kullanılıyor ve Lojik Ladder programlama dilinde çalışmak için WPL Soft, programlarımızı birden fazla POU Fonksiyon Blok şeklinde yazmak için ise ISP Soft kullanılmalıdır.



Şekil 3.26. ISP Soft program arayüzü

ISP Soft ile Delta PLC programlamada kullanılan kontakların bilinmesi gerekmektedir. Şekil 3.26’da program arayüzü görülmektedir

Şekil 3.27’de görülen X kontakları, dijital girişin durumunu temsil eder. Y kontakları, dijital çıkışın durumunu temsil eder. M kontakları yardımcı rölelerdir. Bir bitin durumu bir yardımcı rölede saklanır. D’ler işlem verilerini bir veri bölgesinde saklar. T kontakları zamanlayıcı kontaklarıdır. C kontakları sayıcılarıdır.

Kontak Tip	Sembol	
X,M,C,T	Normalde Açık	$\text{---} \uparrow \text{---}$
	Normalde Kapalı	$\text{---} \downarrow \text{---}$
	Yükselen Kenar	$\text{---} \uparrow \text{---}$
	Düşen Kenar	$\text{---} \downarrow \text{---}$
Y	Normal Çıkış	$\text{---} ()$
	Set Kontak	$\text{---} (S)$
	Reset Kontak	$\text{---} (R)$

Şekil 3.27. Kontak tip ve semboller

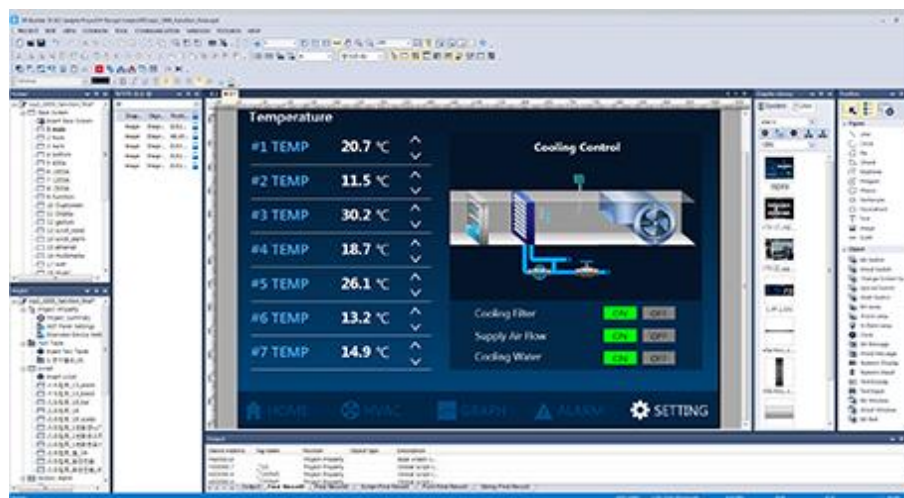
Şekil 3.28’de görülen programlamada kullanılan temel komutların bilinmesi gerekmektedir.

Komut	Görünüm	Açıklama	Komut	Görünüm	Açıklama
TO		İlave modül veri yazma komutudur. M1 ilave modül slot numarası M2 ilave modüle bağlı register numarası S ilave modüle yazılacak verinin datası n okuma adım sayısı	INC		INC komutu ile bir data içeriği önündeki şart her aktif olduğunda birer birer arttırmak için kullanılır.
FROM		İlave modül veri okuma komutudur. M1 ilave modül slot numarası M2 ilave modüle bağlı register numarası S modülden alınan verinin okunacağı data n okuma adım sayısı	MOV		Veri taşımak için kullanılır. S girişinde bulunan veri D çıkışındaki hafızaya yazılır.
ADD		Toplama komutudur. S1 değişkeni ve S2 değişkenini toplar. D çıkışında bulunan dataya toplam sonucunu yazdırır.	INT		Floating kesirli işlemler sonucunda elde edilen floating formatındaki sayıyı farklı ortamlarda kullanmak için decimal integer rakama çevirmek için kullanılır.
SUB , DSUB, DSUBR		Çıkartma komutudur. S1 değişkeninden S2 değişkenini çıkarır. D çıkışında bulunan dataya çıkartma sonucunu yazdırır. D Double olduğunu ve R ise Real sayı ile işlem yapacağını belirtir.	TMR		Girişi aktif edildiğinde sınır değeri kadar süre sayar.
DIV, DDIV, DDIVR		Bölme komutudur. S1 değişkenini S2 değişkenini çıkarır. D çıkışında bulunan dataya bölme sonucunu yazdırır. D Double olduğunu ve R ise Real sayı ile işlem yapacağını belirtir.	FLT		Decimal integer bir sayıyı kesirli işlemlere tabi tutmadan önce sayının Floating yani kesirli sayı formatını çevrilmesi gerekmektedir.
MUL, DMUL, DMULR		Çarpma komutudur. S1 değişkeni S2 değişkeniyle çarpılır. D çıkışında bulunan dataya çarpma sonucunu yazdırır. D Double olduğunu ve R ise Real sayı ile işlem yapacağını belirtir.	<, <=		Karşılaştırma komutudur. S1 değişkeni S2 değişkeninden küçük veya eşit ise Q çıkışı aktif olur.
CNT		16bit sayıcıdır. Giriş her aktif edildiğinde sınır değeri kadar sayma işlemi gerçekleştirir.	>, >=		Karşılaştırma komutudur. S1 değişkeni S2 değişkeninden büyük veya eşit ise Q çıkışı aktif olur.

Şekil 3.28. Komutlar ve semboller

3.2.2.4. XP Builder

XP-Builder ile HMI ekran tasarımı gerçekleştirilmiştir. Arayüz Şekil 3.29’da görülmektedir.



Şekil 3.29. XP Builder arayüzü

XP-Builder, makine kontrol cihazları için projeler oluşturmaya ve yönetmeye izin veren bir yazılımdır. XGT Panel ile projeler oluşturmak için XP Builder kullanılmalıdır. XP Builder birden çok özellik içerir.

Özelleştirilebilir araç çubukları ve kısayol tuşları, özelleştirilebilir araç, proje ve düzenleme bölmeleri, ortak verileri içe ve dışa aktarma işlevleri, birden çok ekranı kolayca görüntülemek için sekmeler, proje ekranlarının ön izlemeleri, özelleştirilebilir görüntü ve nesne kitaplıkları, alarmlar, günlükler, programlar gibi komut dosyaları ve gelişmiş işlevler, çoklu dil desteği gibi özellikler içermektedir.

3.2.2.5. MakeSense

MakeSense, fotoğrafları etiketlemek için kullanımı ücretsiz bir çevrimiçi araçtır. Tarayıcı ile kullanımı sayesinde karmaşık bir kurulum gerektirmemektedir. İstenilen görselin üzerinde etiketleme yapmamıza olanak sağlayarak görselin etiket değerlerini YOLO formatında metin dosyası halinde çıktı almamızı sağlar. Şekil 3.30'da örnek etiketleme görülmektedir.



Şekil 3.30. Örnek etiketleme

4. AR-GE ANALİZİ

Tasarlanacak sistemde göz önüne alınan ilk durumlar, burcun sistem üzerinde sabit kalabilmesi, döndürme, yükseklik ayarı ve konumlandırma işlemlerinde hassasiyetin yüksek olmasıdır. Lazer sensör, görüntü işleme algoritması ve derin öğrenme modeli, burç tolerans aralıkları ve ölçüm sonuçları göz önüne alınarak seçilmiştir.

4.1. Risk Analizi

Tasarlanan sistem için Çizelge 4.1’de risk analizi çalışması yapılmıştır. Risk analizi değerlendirmesinde burç konumlandırma hata olasılığı bulunmaktadır. Bu tasarımda burç konumlandırma iç boru aparatları ve operatör yardımı ile gerçekleşeceği için daha istikrarlı çalışacağı planlanmıştır. Tasarım için olası zorluk olan makine öğrenmesi veri seti toplanılması için algorithmada onay ve ret parçaların eğitim dosyalarına dâhil edilmesi planlanmıştır.

Çizelge 4.1. Risk analizi

	Olası Zorluk	Risk Düzeyi	Önlem
Risk Analizi	1 Burç Konumlandırma	Düşük	Farklı iç boru aparatları
	2 Kalibrasyon	Orta	Referans OEM burç
	3 Ölçüm Hataları	Orta	Hassas sensör seçimi
	4 Makine Öğrenmesi Veri Seti	Yüksek	Onay/Red eğitime dahil edilmesi
	5 Rijitlik	Yüksek	Sigma profil

4.2. Ar-Ge Kazanımları

Çizelge 4.2.’de görülen hedeflenen Ar-Ge kazanımları incelenmiştir. Ar-Ge kazanımları karşılaştırmasına göre üretim ve kullanım açısından bu tasarım tercih edilmiştir.

Çizelge 4.2. Hedeflenen Ar-Ge kazanımları

Müşteri memnuniyetini geliştirme
Ürün rekabet edilebilirliğini geliştirme
Kalite artırma/ Maliyet düşürme/ Kazancı artırma
Marka/firma imajını artırma
Çevre koruma/geri dönüşüm/kaynakların rasyonel kullanımı
Güvenilirlik artırma
Proseslerde iyileştirme
İş güvenliği
Malzeme tasarrufu
Zaman tasarrufu
Kurumsal bilgi birikiminin ve deneyimin artırılması

4.3. Bütçe ve Maliyet Tahmini

Bu tasarım için tahmini maliyet tablosu hazırlanmıştır. Tahmini maliyet tablosu Çizelge 4.3'te görülmektedir.

Çizelge 4.3. Tahmini maliyet tablosu

PROJE BÜTÇESİ VE TAHMİNİ MALİYETLER				
Harcama Türü	Harcama Mahiyeti	Miktar	Birim Bedeli	Tutar (TL)
Malzeme	Elektronik ekipmanlar	9ad	----	46.882,00TL
Stoktan Malzeme Kullanımı	Sigma profil	8m	177TL	1.416,00TL
Hizmet Alımları	-----	-----	-----	-----
Tezgâh/Kaynak Kullanımı	Aparatlar ve gövde	4ad	400TL	1.600,00TL
Makina/Alet/Teçhi zat /Yazılım	CNC kullanımı	-----	-----	-----
			Toplam	49.898,00TL

4.4. İş – Zaman Planlama

İş-zaman diyagramı Çizelge 4.4'te verilmiştir. Çalışma oluşturulan 3 ana başlık üzerinden planlanmıştır.

Çizelge 4.4. İş-zaman diyagramı

Sistem Tasarımı	Planlanan	■					
Ürün seçimi ve Donanım	Planlanan		■	■	■		
Programlama ve Seri Denemeler	Planlanan					■	■

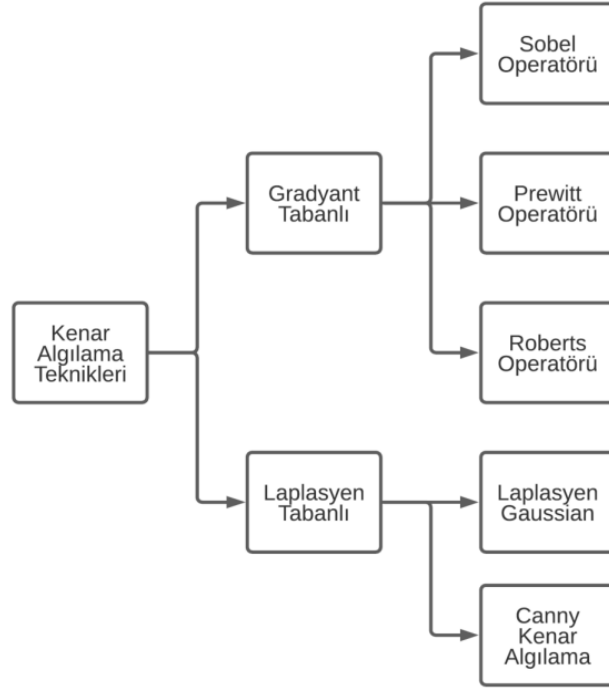
5. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE DERİN ÖĞRENME TEMELLERİ

5.1. Görüntü İşleme Metotları

Görüntü işleme, elektronik ortamda elde edilmiş görsel verilerin amaca yönelik değişiklikler yapılmasını sağlayan bilgisayar çalışmasıdır. Tanımlanmak istenen nesnenin kenarlarının belirlenmesi, görüntü işleme ve analiz için en önemli aşamalardan biridir. Prewitt, Sobel, Canny ve Roberts algoritmaları temel kenar bulma algoritmalarındandır. Prewitt ve Sobel en yaygın kullanılan 3x3'lük maskelerden oluşur. Bu işlemlerin en büyük dezavantajı yüksek gürültülerden etkilenmesidir (Aybar, 2008).

5.2. Kenar Tespit Yöntemleri

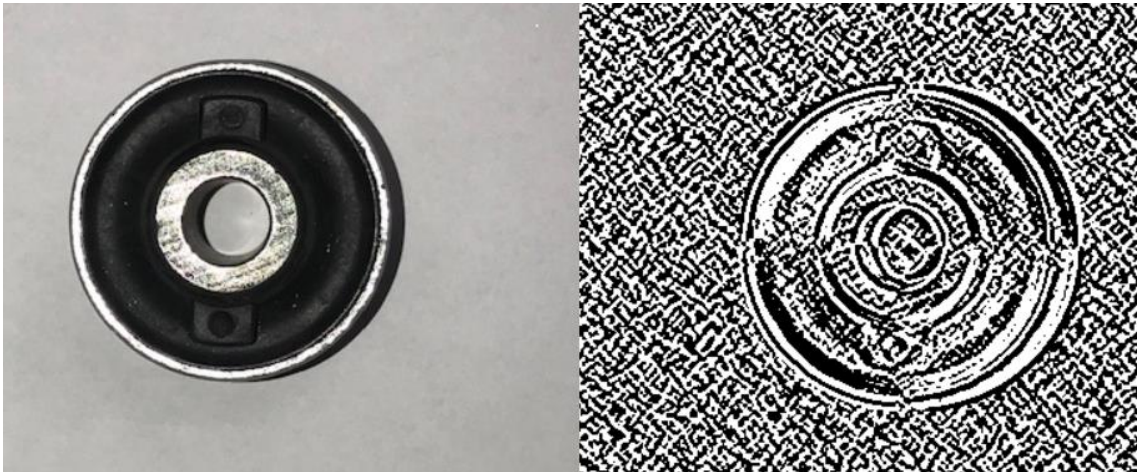
Bir görüntünün gri seviyesinde meydana gelen ani değişikliklere kenar adı verilmektedir. Kenar bulmadaki temel amaç işlenecek veri miktarını azaltmaktır (Canny, 1986). Görüntüde kenar bulmada kullanılan birçok yöntemde bölgesel türevler kullanılmaktadır. Kenar bölgesinde birinci türev maksimum değere sahip olurken (Kudale ve Pawar, 2010), ikinci türev ise kenar bölge de sıfıra gelir. Birinci türev kullanılarak yapılan kenar tespiti Gradyent yöntemi olarak, ikinci türev kullanılarak yapılan kenar tespiti Laplacian yöntemi olarak adlandırılır. Kamera ile kalite kontrol tabanlı ölçüm işlemlerinin temelinde de kenar belirleme fonksiyonu bulunmaktadır. Kenarlar ne kadar sağlıklı elde edilirse ölçümlerin hata payları o kadar düşük olacaktır. Nesnenin kenarları bulunarak görüntü boyutu minimuma düşürülür. İşlem yükü hafifletilir. Görüntü işleme teknikleri ile ölçüm teknolojisinin kullanılması için ölçülecek nesnenin kenarlarının iyi tespit edilmesi gereklidir. Şekil 5.1'de kenar bulma yöntemleri verilmiştir.



Şekil 5.1. Kenar algılama teknikleri

5.2.1. Sobel

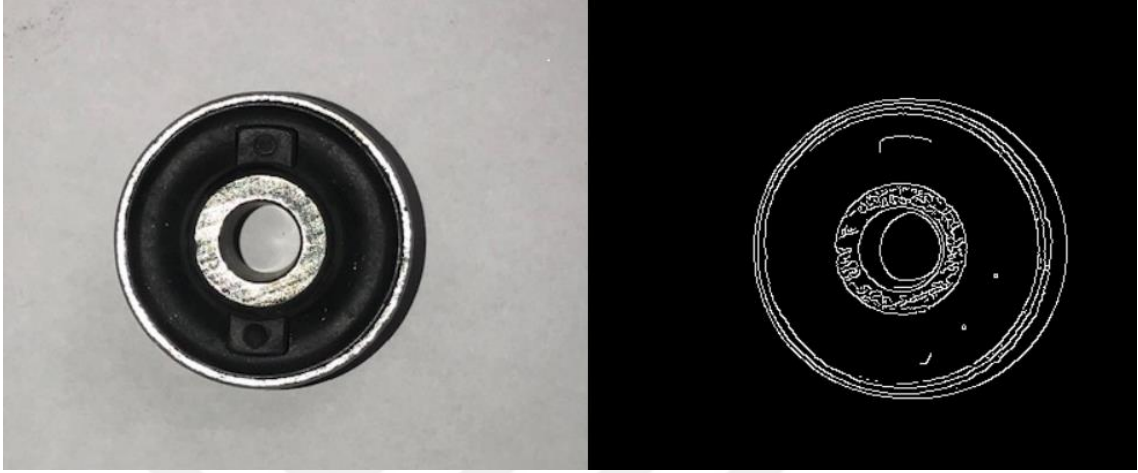
Sobel işleci ile burçların kenarları tespit edilerek çap ölçülerinin hesaplanması hedeflenmiştir. Aşağıda 20.5Ø çap burçlarda, Sobel tabanlı kenar tespit yöntemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.2’te ana görsel ve Sobel işleci uygulanmış şekli verilmiştir.



Şekil 5.2. Sobel işlecinden geçirilmiş görüntü

5.2.2. Canny

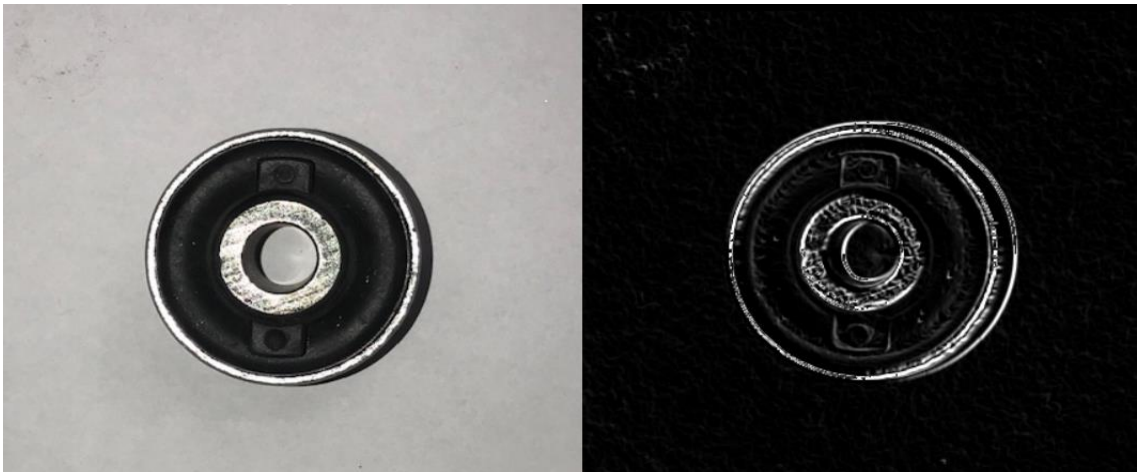
Canny işleci ile burçların kenarları tespit edilerek çap ölçülerinin hesaplanması hedeflenmiştir. Aşağıda 20.5Ø çap burçlarda, Canny tabanlı kenar tespit yöntemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.3'te ana görsel ve Canny işleci uygulanmış şekli verilmiştir.



Şekil 5.3. Canny işlecinden geçirilmiş görüntü

5.2.3. Prewitt

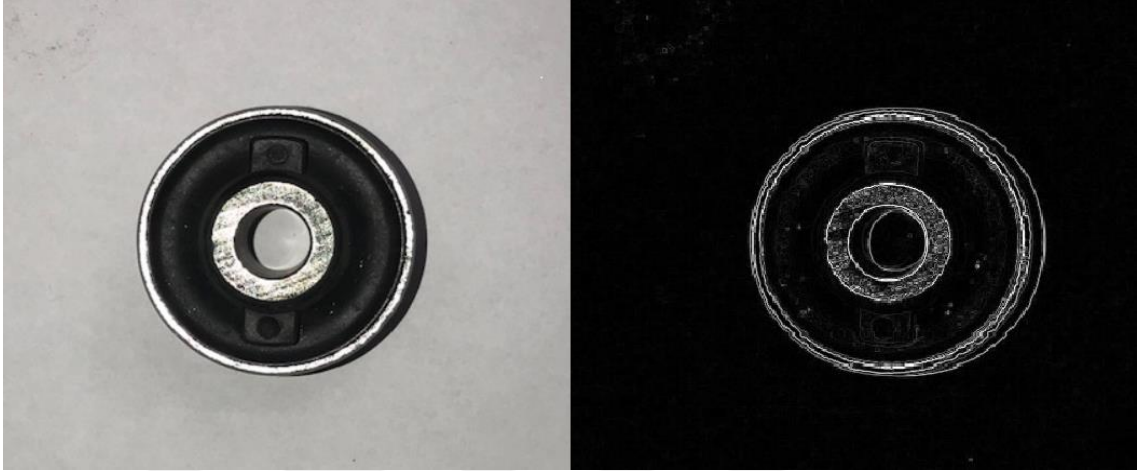
Prewitt işleci ile burçların kenarları tespit edilerek çap ölçülerinin hesaplanması hedeflenmiştir. Aşağıda 20.5Ø çap burçlarda, Prewitt tabanlı kenar tespit yöntemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.4'te ana görsel ve Prewitt işleci uygulanmış şekli verilmiştir.



Şekil 5.4. Prewitt işlecinden geçirilmiş görüntü

5.2.4. Roberts

Roberts işleci ile burçların kenarları tespit edilerek çap ölçülerinin hesaplanması hedeflenmiştir. Aşağıda 20.5Ø çap burçlarda, Roberts tabanlı kenar tespit yöntemi gerçekleştirilmiştir. Şekil 5.5'te ana görsel ve Roberts işleci uygulanmış şekli verilmiştir.



Şekil 5.5. Roberts işlecinden geçirilmiş görüntü

5.3. Derin Öğrenme Metotları

Bir makine öğrenmesi olan derin öğrenme, verilmiş olan veri kümesi ile çıktılar üretebilecek yapay zekayı eğitmemizi sağlamaktadır. Bu işlem için denetimli ve denetimsiz öğrenme kullanılabilir.

5.3.1. Denetimli Öğrenme

Denetimli öğrenme için yapay zekaya verilecek girdilerin yanında beklenen çıktılarının da verilmesi gerekir. Yapay zekâ ile oluşturulan çıktılar istenilen çıktılardan farklı ise hata olarak belirlenir ve hesaplamalar tekrar yaptırılır. Bu adım hata oranı minimuma indirilinceye kadar veri seti üzerinden tekrar tekrar yapılır.

5.3.2. Denetimsiz Öğrenme

Denetimsiz öğrenmede kullanılan veri kümeleri belirli bir yapıya sahip değildir. Bu eğitimi kullanarak yapılan çalışmalarda verilerin mantıksal sınıflandırmasını yapma izni yapay zekaya verilmesi gerekmektedir.

5.3.3. Sistem Özellikleri

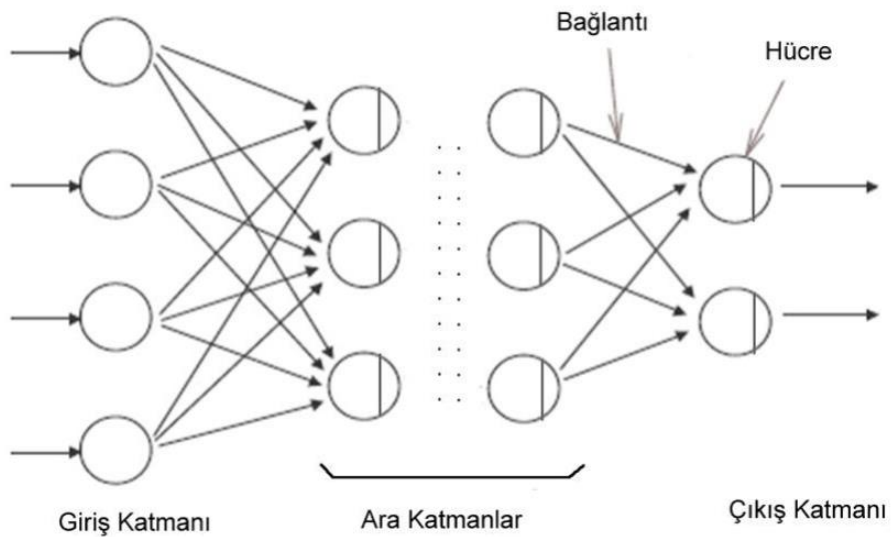
Bu çalışmada Google Colab Platformu üzerinden Tesla K80 GPU'su kullanılmıştır. Kullanılan bilgisayarın özellikleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sistem özellikleri

İŞLETİM SİSTEMİ	Windows 10 Pro 64 Bit
İŞLEMCİ (CPU)	Intel ® Xeon ® Silver 4210R CPU @ 2.4 GHz (20 CPU's)
EKRAN KARTI (GPU)	NVIDIA Quadro P2200 21225 MB toplam bellek VRAM 5030 MB
BELLEK (RAM)	32768 MB Ram (32 GB)

5.4. Yapay Sinir Ağları

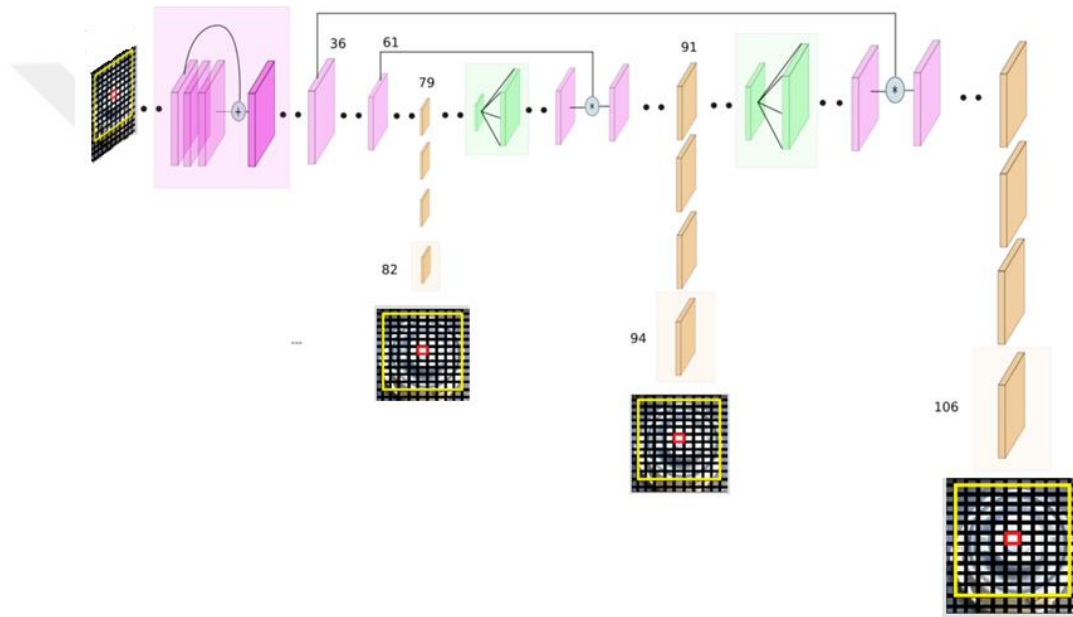
İnsan beyni gibi nöronlardan oluşan yapay sinir ağları birbirine bağlıdır ve hepsi elde edilecek çıktıyı etkilemektedir. Bu nöronlar 3 farklı katmandan oluşmaktadır. İlk katman giriş katmanıdır ve giriş verilerini alır. Aldığı veriler fiziksel ortam ile bağlantılıdır. Veriler giriş katmanından ilk gizli katmana gider. Gizli katman sayısı çalışmaya göre farklılık göstermektedir. Gizli katmanlar giriş katmanından gelen girdiler üzerinde matematiksel hesaplamalar yapmaktadır. Her bir katman için gerekli nöron sayısının yanında gizli katman sayısına da karar verilmesi gerekmektedir. Derin öğrenmedeki “derin” kelimesi birden fazla gizli katman olduğunu temsil etmektedir. Çıktı katmanı ise oluşturulan çıktıları döndürmektedir. Şekil 5.6'da örnek katman görüntüsü verilmiştir.



Şekil 5.6. Örnek katman görüntüsü

Nesne tespiti, sonraki aşamaların başarılarını etkileyen nesne izlenmesi için uygun algoritmanın seçildiği aşamadır. Nesne özellikleri, nesne tespitinin temelini oluşturmaktadır. Görüntü üzerindeki nesne tespiti iki adımda yapılmaktadır. İlk olarak nesne belirgin hale getirilmekte daha sonra ise arka plandan ayrıştırılmaktadır.

YOLO artan bir iyileştirilme için geliştirilmiş bir algoritmadır. Bir süredir pek çok nesne algılama algoritması olduğu için rekabet, nesnelerin ne kadar doğru ve hızlı bir şekilde tespit edildiğiyle ilgilidir. Çalışmamızda en yeni, doğru ve hızlı tespit edilebilirliği barındırdığı için Şekil 5.7’de görülen YOLO Darknet-53 modeli kullanılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen modelde, konvolüsyon katmanı, kısayol katmanı, kök katmanı, tespit katmanı, yığın normalleştirme ve yukarı örnekleme vardır.



Şekil 5.7. YOLO v3 mimari

5.4.1. Yapay Sinir Ağlarında Katmanlar

5.4.1.1. Sınıf Tahmini

Sınıf tahmini için ikili çapraz entropi kaybı ve bağımsız lojistik sınıflandırıcılar kullanılmaktadır. Bunun sebebi çok etiketli sınıflandırmalar için çakışan etiketlerin olabilmesidir.

5.4.1.2. Ölçekler Arası Tahmin

İlk olarak eğitim sırasında, Yolov3 3 teraziye karşılık gelen 3 boyutlu tensörleri (son özellik haritasıdır) tahmin etmek için girdi görüntüleri ile beslenir. Üç ölçek, çeşitli boyutlardaki nesnelerin algılanması için tasarlanmıştır. Burada 13×13 ölçeğini örnek olarak alıyoruz. Bu ölçek için, giriş görüntüsü 13×13 ızgara hücrelerine bölünmüştür,

her bir ızgara hücresi bir 3D tensör içindeki $1 \times 1 \times 255$ voksele karşılık gelir. İkincisi, nesnenin temel gerçeği sınırlama kutusunun merkezi belirli bir ızgara hücresine düşerse, bu ızgara hücresi nesnenin sınırlama kutusunu tahmin etmekten sorumludur. Karşılık gelen nesnellik puanı bu ızgara hücresi için "1" ve diğerleri için "0"dır. Her ızgara hücresi için, farklı boyutlarda 3 önceden kutu ile atanır. Eğitim sırasında öğrendiği şey doğru kutuyu seçmek ve hassas ofset / koordinat değerini hesaplamaktır. Fakat grid hücresi hangi kutuyu seçeceğini bilemeyebilir. Sadece gerçek gerçeği sınırlayan, kutuyu örten kutuyu seçen bir kural vardır.

5.4.1.3. Konvolüsyon Katmanı

Konvolüsyon katmanı temeli oluşturur ve dönüşüm katmanı olarak bilinmektedir. Dönüşüm işlemi belirlenen bir filtrenin tüm görüntü üzerinde dolaştırılması işlemine dayanmaktadır. Filtreler 1×1 ve 3×3 boyutlarındadır. Filtreler, bir önceki katmandan gelen verilere konvolüsyon işlemini uygulayarak çıkış verisini oluştururlar. Bunun sonucunda ise bir aktivasyon (özellik) haritası elde edilmektedir. Aktivasyon haritası filtreye özgü özelliklerin keşfedilmesini sağlar. Dolaşma işlemi sağa ve sola doğru belirli bir adım (Stride) kaydırma yapılarak yapılmaktadır. Matris sınırlarına gelindiğinde bir basamak aşağıya geçilerek tüm bölgelerde aynı işlemin uygulanması sağlanmaktadır.

5.4.1.4. Kısayol Katmanı

Kısayol katmanı, bir atlama bağlantısıdır. From parametresinin değeri "-3" olarak belirlenmiştir. Bu da ürettiği çıktının, önceki ve üçüncü katmandan özellik haritaları eklenerek geriye doğru elde edilmesi anlamına gelmektedir.

5.4.1.5. Kök Katmanı

Katmanlar özelliğinin yalnızca bir değeri olduğunda, değer tarafından indekslenen katmanın özellik haritalarını çıkarır. Örneğimizde -3'tür, bu yüzden katman 3'üncü kattan geriye doğru rota katmanından özellik haritası çıkarır. Katmanlar iki değere sahip olduğunda, değerleri tarafından indekslenen katmanların birleştirilmiş özellik haritalarını döndürür. Örneğimizde -1, 36'dır ve katman, önceki katmandan (-1) ve 36. katmandan derinlik boyutu boyunca birleştirilmiş özellik haritaları çıkartacaktır.

Kök katmanı, ağda daha önce bulunan daha ince taneli özellikleri getirmek için kullanışlıdır. Bu, ana işlevinin ağdaki önceki katmandan çıktıyı kurtarmak ve aradaki tüm işlemlerden kaçınarak bunları ileriye taşımak olduğu anlamına gelir. Ayrıca, birden fazla

katmanın çıktısını birleştirerek geri çağırabilir. Ancak bu durumda, tüm kök katmanının girdileri aynı genişlik ve yüksekliğe sahip olmalıdır. Bir CNN'deki rolü, kısayol katmanı için daha önce açıklananlara benzer.

5.4.1.6. Yığın Normalleştirme

Girişin ortalamasını alan ve varyansını öğreten bu katman, çıktının girişini öğrendikten sonra varyansa göre 0 ortalama ve 1 varyansa göre normalleştirme yapmaktadır.

5.4.1.7. Yukarı Örnekleme

Yukarı örnekleme (upsample) yapmamızın sebebi YOLOv3'te 1. tespit katmanı çok büyük nesnelere, 2. tespit katmanı orta büyüklükteki nesnelere, 3. tespit katmanı ise en küçük nesnelere tespit etmesidir.

5.4.1.8. Öneri Kutuları

Görselde bulunan nesnelere kutu içine alınmasını sağlamaktadır. Yeniden boyutlandırma yapacak olan başlangıç sınırlarıdır. Tamamını tek tek sınırlandırma işlemi yapmaktadır. Eğitim için kullanılan görüntülerde nesnenin orta noktasını içeren kutular bulunmaktadır. Bu sayede nesnenin bulunması basitleştirildiğinden eğitimi kolaylaştırılmış olmaktadır.

5.4.1.9. Tespit Katmanı

Tespit katmanı olarak bilinen bu katman, görüntüyü karelere ayırarak tüm görüntüye tek bir CNN uygulamaktadır. Nesne tanıma sistemleri, resimler üzerinde yapılan tanıma ve videolardaki hareketli tanıma olarak ikiye ayrılmaktadır. Her ikisi de nesnenin tamamı yerine öncelikle bir kısmını almakta ve eldeki nesnelere karşılaştırmaktadır. Eğer eşleşme yoksa girişten itibaren resim en başa dönmekte, eşleşme var ise özellikleri belirlenerek veri tabanına kaydedilir ve sınıflandırmaya dahil edilir. Son olarak özelliklerine göre ayrıştırmalar yapılır ve en çok benzeyen nesne tespit edilir.

5.4.2. Yapay Sinir Ağlarında Kayıp Fonksiyonları

5.4.2.1. Kayıp Fonksiyonu-1

Öngörülen sınırlama kutusunun konumuna bağlı kaybı hesaplamaktadır. Her bir ızgara hücresinin her sınırlayıcı kutu belirleyicisi üzerinde bir toplam hesaplar. Eğer

ızgaralarda bir nesne var ise sınırlayıcı kutu tahmindesi bu tahminden sorumludur. Denklem 5.1’de konum kaybı fonksiyonu görülmektedir.

$$\lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} [(x_i - \hat{x}_i)^2 + (y_i - \hat{y}_i)^2] + \lambda_{coord} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} [(\sqrt{w_i} - \sqrt{\hat{w}_i})^2 + (\sqrt{h_i} - \sqrt{\hat{h}_i})^2] \quad (5.1)$$

1_{ij}^{obj} : i. hücredeki j. sınırlayıcı kutu nesne algılamaktan sorumlu ise 1 değilse 0.

λ_{coord} : Sınırlayıcı kutu koordinatlarındaki kayıp değerinin ağırlığını artırır.

5.4.2.3. Kayıp Fonksiyonu-2

Burada, her sınırlayıcı kutu belirleyicisi için güven puanıyla ilişkili kaybı hesaplıyoruz. C, güven puanıdır ve C, öngörülen sınırlama kutusuyla toprak gerçeği arasındaki kesişme noktasıdır. Denklem 5.2’de güven kaybı fonksiyonu görülmektedir.

$$\sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{obj} (C_i - \hat{C}_i)^2 + \lambda_{noobj} \sum_{i=0}^{S^2} \sum_{j=0}^B 1_{ij}^{noobj} (C_i - \hat{C}_i)^2 \quad (5.2)$$

1_{ij}^{obj} : i. hücredeki j. sınırlayıcı kutu nesne algılamaktan sorumlu ise 1 değilse 0.

1_{ij}^{noobj} : 1_{ij}^{obj} değerinin tümleyenidir.

λ_{noobj} : Arka plan tespit edildiğinde kaybı azaltmak için kullanılır.

\hat{C}_i : i hücrede j. kutunun güven değeri.

5.4.2.4. Kayıp Fonksiyonu-3

1_{obj} terimi hariç, sınıflandırma için normal kareler toplamındaki bir hataya benzemektedir. Bu nedenle hücre üzerinde hiçbir nesne bulunmadığı zaman sınıflandırma hatasını vermemeliyiz. Denklem 5.3’te sınıf kaybı fonksiyonu görülmektedir.

$$\sum_{i=0}^{S^2} 1_i^{obj} \sum_{C \in sınıflar} (P_i(C) - \hat{P}_i(C))^2 \quad (5.3)$$

1_i^{obj} : Hücrede nesne varsa 1 yoksa 0 olmaktadır.

$\hat{P}_i(C)$: i hücredeki c sınıfı için koşullu sınıf olasılığı.

6. UYGULAMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Bu çalışma ile kauçuk metal burçlardaki dairesellik hataları kontrol edilerek, üretim sonrası karşılaşılabilecek problemler ortadan kaldırılarak kaliteli bir üretimin sağlanması ve ayrıca operatörden hata payı alınarak doğru sonuçlar alınması ve daha kesin bir çözüm sunulması sağlanmıştır. 6 farklı reçete kayıt sistemi ile farklı tolerans aralıklarında ve farklı çaplarda burç ölçümleri hızlandırılmıştır. Anlık lazer değerlerinin mesafe değerleri, kabul edilen burçlar ve reddedilen burçlar için ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler Çizelge 6.1'de gösterilmiştir. Merkez mesafesi ile hedef mesafe değerleri arasındaki değer farkının tolerans aralığını aştığı durumlarda, derin öğrenme ve görüntü işleme algoritmaları ile değerler karşılaştırılarak deformasyon bölgesi belirlenmiştir.

Toplam 450 burç üzerinde ölçüm denemeleri yapılmıştır. Bu denemeler sonucunda manuel ölçüm sonrası 395 kabul edilen ve 55 reddedilen burç bulunmaktadır. Sistem ölçümlü denemelerde 406 kabul edilen ve 44 reddedilen burç bulunmaktadır. Manuel olarak ölçülen ve reddedilen burçlar tekrar hassas bir şekilde ölçüldüğünde kabul kriterlerine uydukları tespit edilmiş ve sistem ölçümünün manuel ölçüme göre daha istikrarlı çalıştığı tespit edilmiştir.

Çizelge 6.1. Manuel ölçüm ve sistem ölçüm kabul ve ret tablosu.

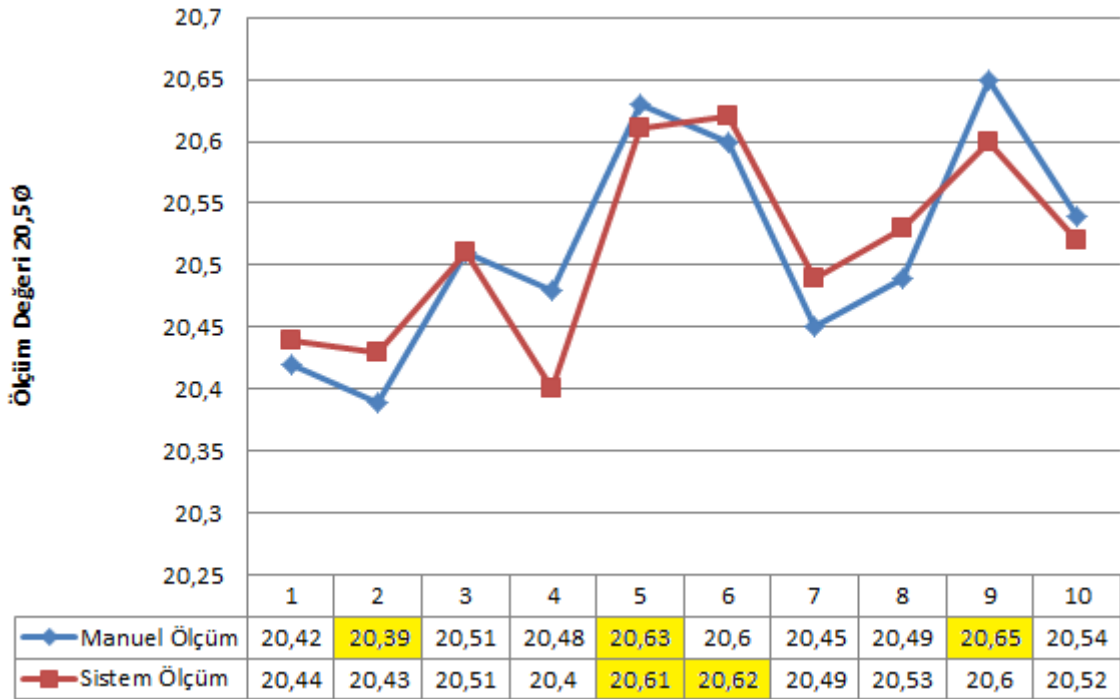
Burç Çapı	Manuel Onay	Manuel Ret	Sistem Onay	Sistem Ret
20,5Ø – 25,5Ø	123	27	128	22
25,5Ø – 30,5Ø	85	15	88	12
30,5Ø – 35,5Ø	91	9	91	9
35,5Ø – 40,5Ø	39	1	40	0
40,5Ø – 45,5Ø	57	3	59	1

Çizelge 6.1.'de görüldüğü gibi deformasyon tespit edilen burç sayısı azaltılmıştır. Ayrıca deformasyon tespit edilemeyen burçlar için de deformasyon tespiti net bir şekilde yapılmıştır.

6.1. Sayısal Bulgular

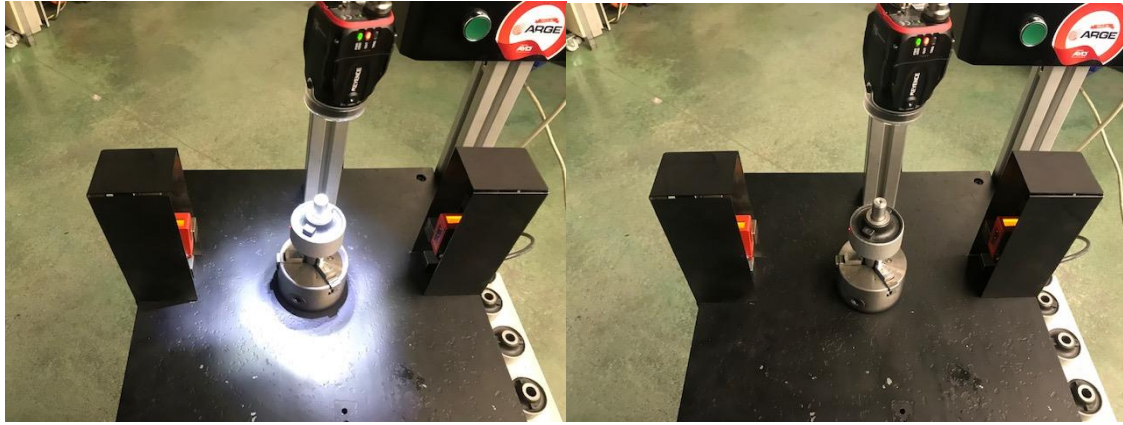
6.1.1. Deneme-1 – 20,5Ø ±0,1mm

Yapılan deneme sonuçları incelendiği zaman Deneme-1 için çap değeri 20,5Ø, ±0,1mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 3 ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 2 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar incelendiği zaman manuel ölçüm sonucunda tolerans değerinin altında kalan ölçüm değeri 20,39mm'dir. Sistem ölçümü 20,43mm olarak 0,04mm fark ölçülmüş ve reddedilen parça onaylanmıştır. Tolerans değerinin üzerinde kalan ölçüm sonuçları 20,61mm ve 20,63mm, 20,62mm ve 20,65mm'dir. 5 numaralı ölçümde (20,61 mm ve 20,63mm) burç her iki ölçüm ile tolerans aralığını aşmaktadır. 20,62mm ve 20,65mm olarak ölçülen burçlardan manuel ölçümde 20,60mm ölçülmüştür. Onaylanan burç sistemde 20,62mm olarak ölçülmüş olup 0.02mm farkla tolerans değerini aştığı için reddedilmiştir. Manuel ölçüm ile 20,65mm ölçülen burç için sistem ölçümü 20,60mm olarak ölçülmüş ve 0,05mm farkla manuel reddedilen ölçüm onaylanmıştır. Manuel onaylanan 1 adet burç reddedilip, manuel olarak reddedilen 2 adet burç ise onaylanmıştır. Toplamda 10 adet burçtan 2 fire engellenmiş ve 1 adet onaylanan parça ise reddedilmiştir.

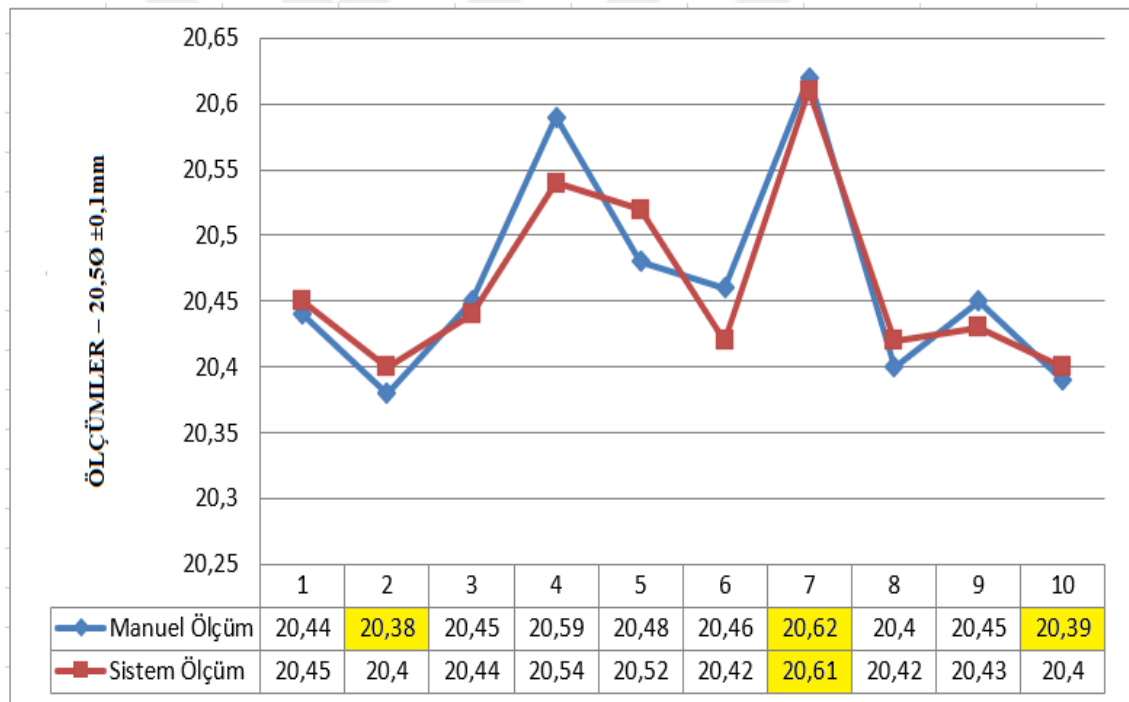


Şekil 6.1. 20,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

Şekil 6.2’de deneme görseli, Şekil 6.1 ve Şekil 6.3’te karşılaştırma tablosu verilmiştir.



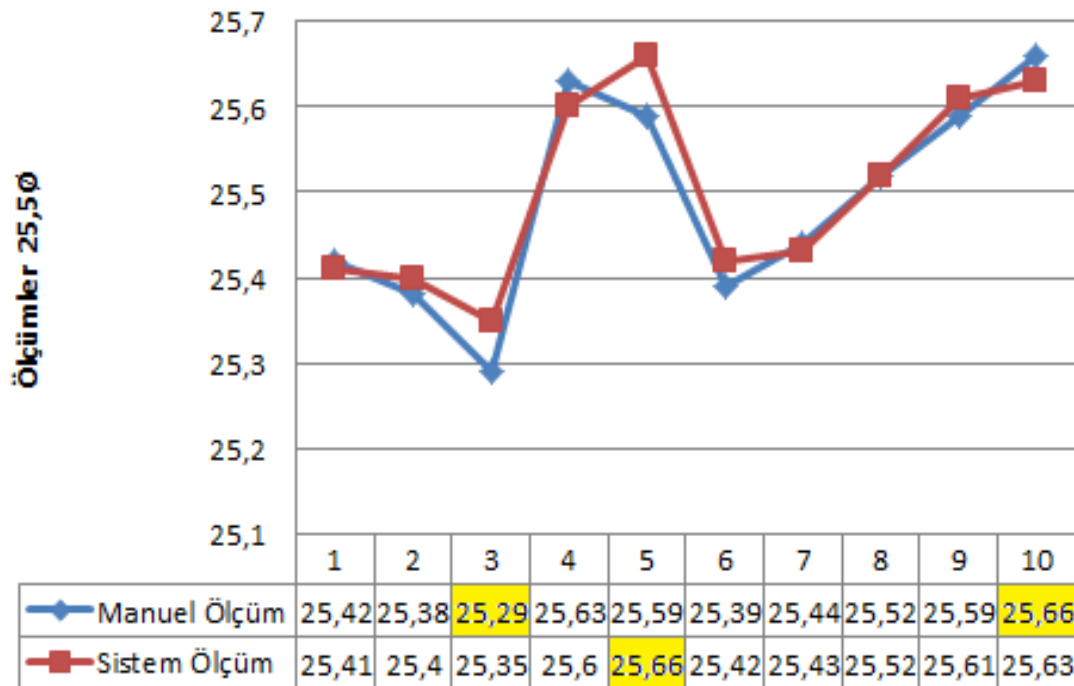
Şekil 6.2. Deneme-1



Şekil 6.3. 20,50 ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

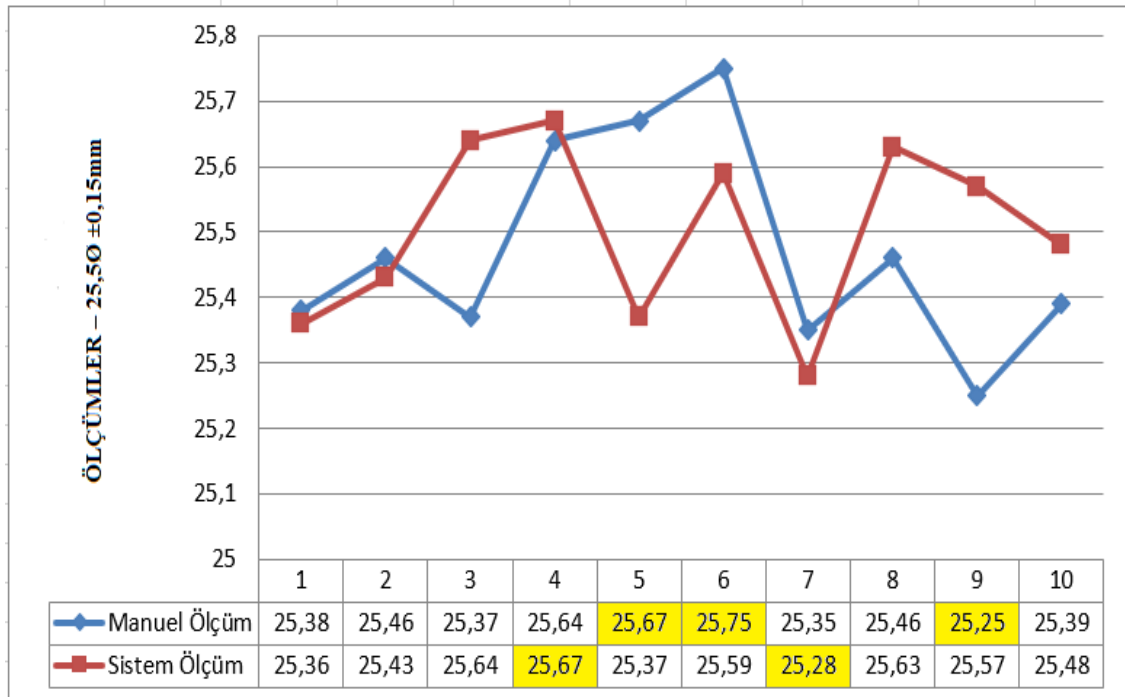
6.1.2. Deneme-2 – 25,5Ø ±0,15mm

Deneme-2 için çap değeri 25,5Ø, ±0,15mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 2 ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 1 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar incelendiği zaman manuel ölçüm sonucunda tolerans değerinin altında kalan ölçüm değeri 25,29mm'dir. Sistem ölçümü 25,35mm olarak 0,06mm fazla ölçülmüş ve reddedilen parça onaylanmıştır. Tolerans değerinin üzerinde kalan ölçüm sonuçları 25,66mm ölçülmüştür. 5 numaralı ölçümde 25,59mm manuel ölçüm olarak onaylanan burç sistemde 25,66mm olarak ölçülmüş olup 0,07mm farkla tolerans değerini aştığı için reddedilmiştir. Manuel ölçüm ile 25,66mm ölçülen burç için sistem ölçümü 25,63mm olarak ölçülmüş ve 0,03mm farkla manuel reddedilen ölçüm onaylanmıştır. Manuel onaylanan 1 adet burç reddedilip, manuel olarak reddedilen 2 adet burç ise onaylanmıştır. Toplamda 10 adet burçtan 2 fire engellenmiş ve 1 adet onaylanan parça ise reddedilmiştir.



Şekil 6.4. 25,5Ø ±0,15mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

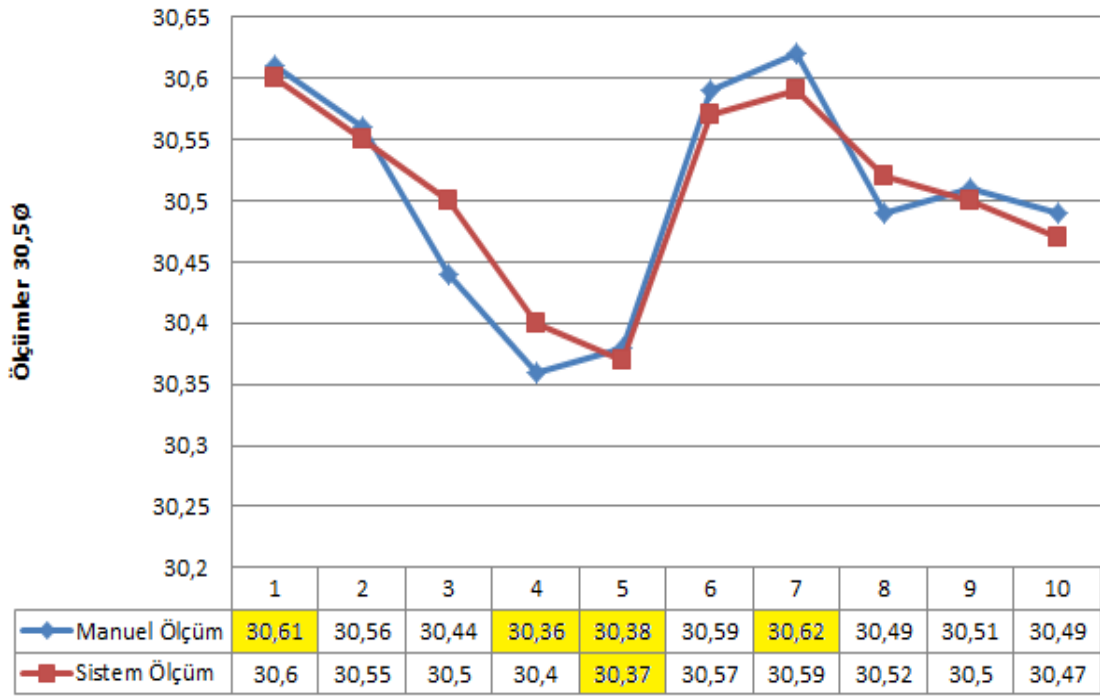
Şekil 6.4 ve Şekil 6.5'te karşılaştırma tablosu verilmiştir.



Şekil 6.5. 25,50 ± 0,15mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

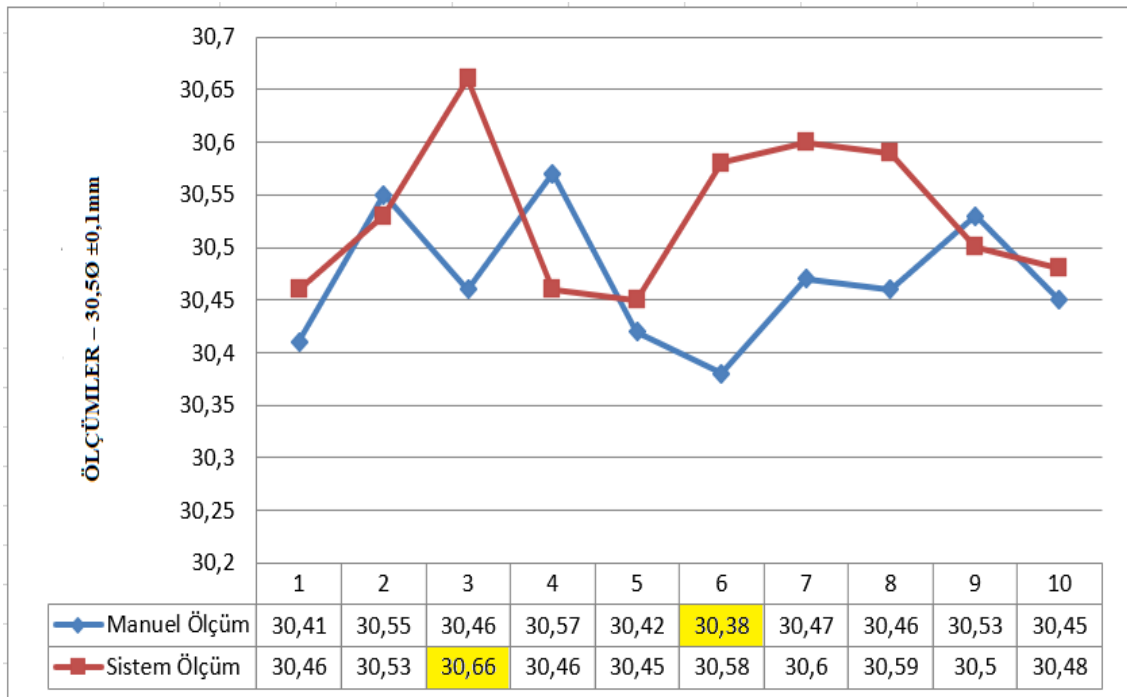
6.1.3. Deneme-3 – 30,50 ± 0,1mm

Deneme-3 için çap değeri 30,50, ±0,1mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 3 ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 1 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar incelendiği zaman sistem ölçüm sonucunda tolerans değerinin aralığında kalan 35,68mm ölçülen burç için sistem ölçümü 35,71mm olarak 0,03mm fark ölçülmüş ve onaylanan parça reddedilmiştir. 5 numaralı ölçümde (30,38mm ve 30,37mm) burç her iki ölçüm ile tolerans aralığının altında kalmaktadır. Tolerans değerinin üzerinde kalan ölçüm sonuçları 30,61mm ve 30,62mm ölçülmüştür. 30,61mm manuel ölçülerek reddedilen burç sistemde 30,60mm olarak ölçülmüş olup 0.01mm farkla tolerans aralığında kalarak onaylanmıştır. Manuel ölçüm ile 30,62mm ölçülen burç için sistem ölçümü 30,59mm olarak ölçülmüş ve 0,03mm farkla manuel reddedilen ölçüm onaylanmıştır. Manuel olarak reddedilen 3 adet burç sistem ölçüm ile onaylanmıştır. Toplamda 10 adet burçtan 3 fire engellenmiştir.



Şekil 6.6. 30,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

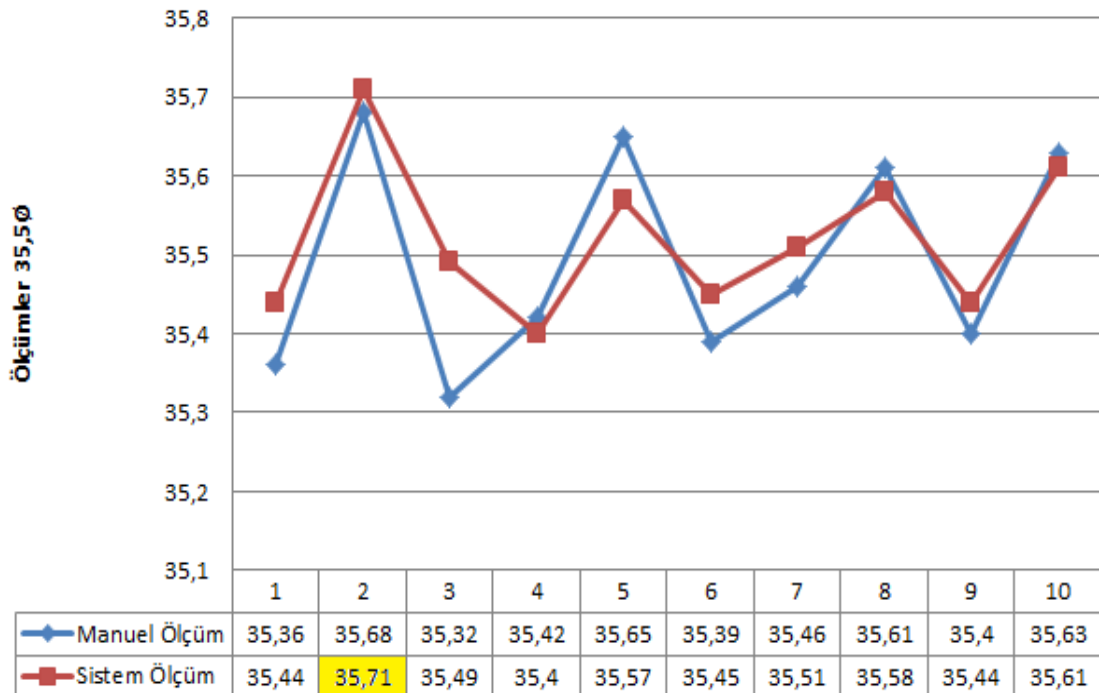
Şekil 6.6 ve Şekil 6.7’de karşılaştırma tablosu verilmiştir.



Şekil 6.7. 30,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

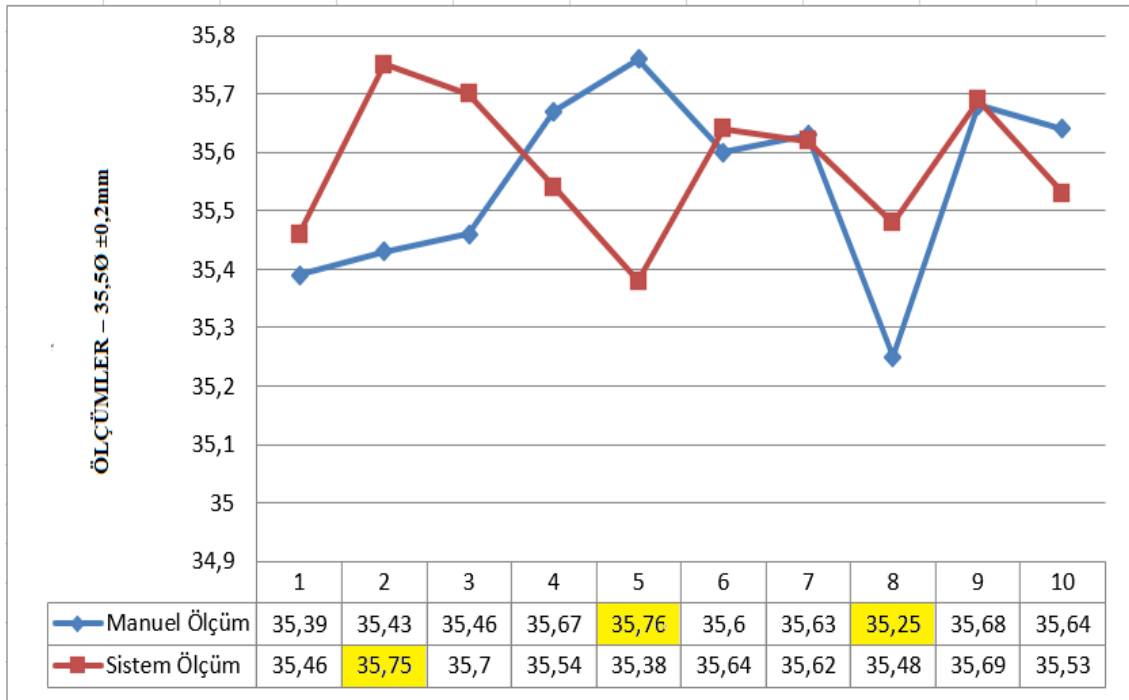
6.1.4. Deneme-4 – 35,5Ø ±0,2mm

Deneme-4 için çap değeri 35,5Ø, ±0,2mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tüm burçlar tolerans aralığında ölçülmüştür. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 1 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar incelendiği zaman sistem ölçüm sonucunda tolerans değerinin aralığında kalan 35,68mm ölçülen burç için sistem ölçümü 35,71mm olarak 0,03mm fark ölçülmüş ve onaylanan parça reddedilmiştir. Manuel olarak onaylanan 1 adet burç sistem ölçüm ile reddedilmiştir. Toplamda 10 adet burçtan 1 adet hatalı ölçüm reddedilmiştir.



Şekil 6.8. 35,5Ø ±0,2mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

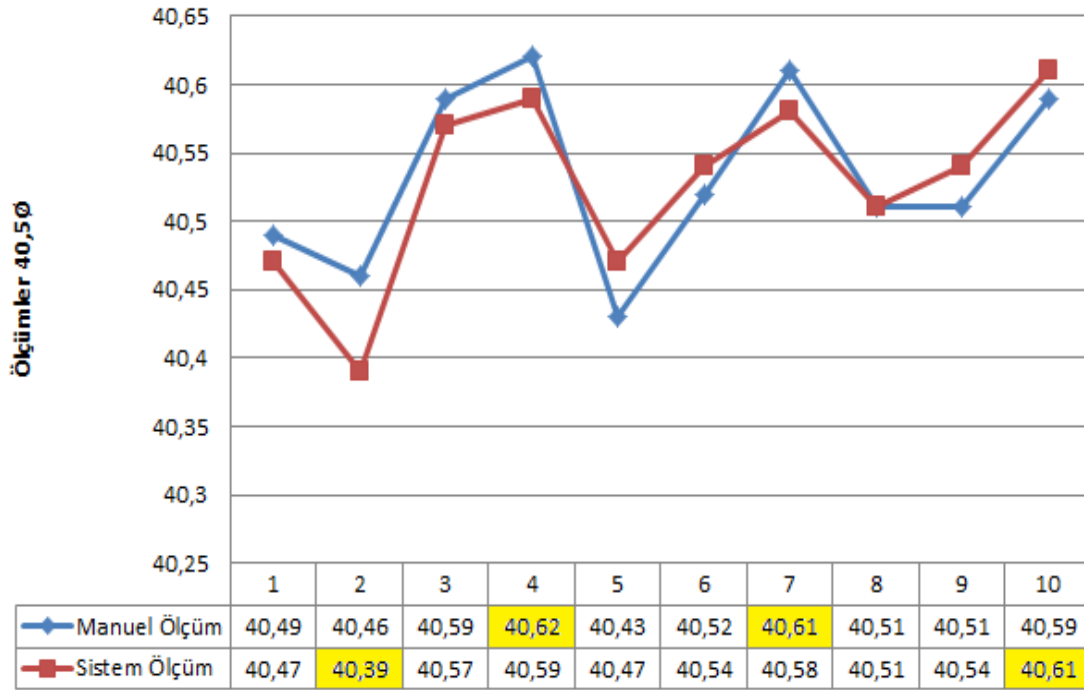
Şekil 6.8 ve Şekil 6.9’da karşılaştırma tablosu verilmiştir.



Şekil 6.9. 35,50 ± 0,2mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

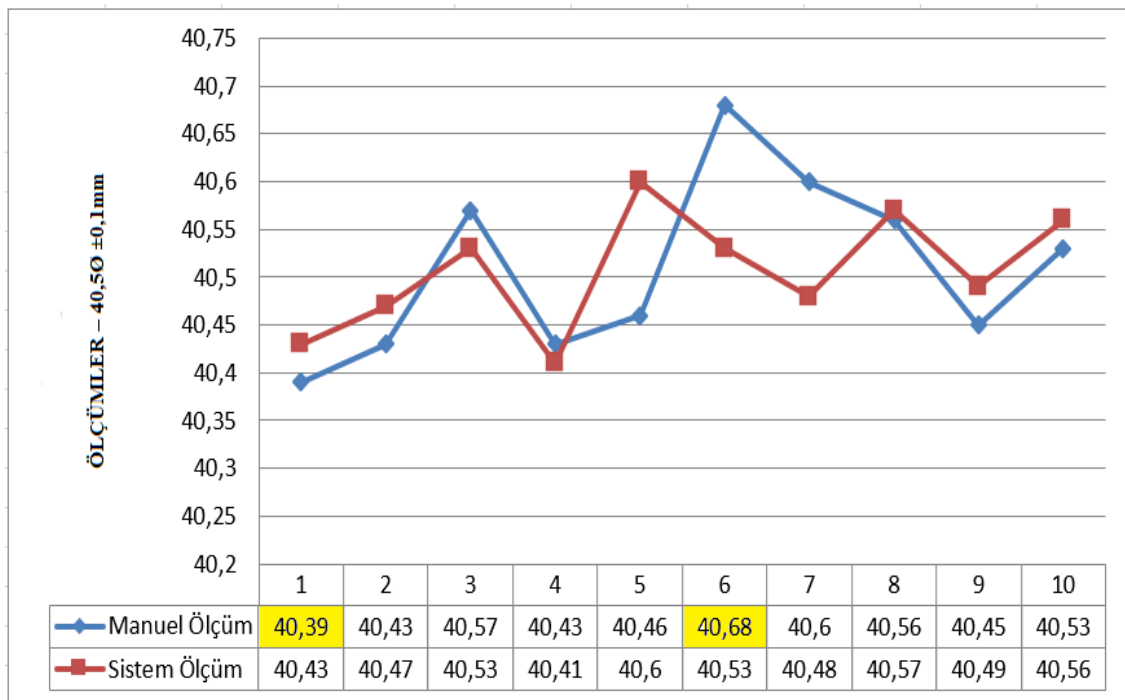
6.1.5. Deneme-5 – 40,5Ø ± 0,1mm

Deneme-5 için çap değeri 40,5Ø, ± 0,1mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 2 ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 2 ölçüm yapılmıştır. Sonuçlar incelendiği zaman manuel ölçüm sonucunda ölçüm değeri 40,46mm olan burç sistem ölçümü 40,39mm olarak 0,07mm fark ölçülmüş ve onaylanan parça reddedilmiştir. Tolerans değerinin üzerinde kalan ölçüm sonuçları 40,62mm ve 40,61mm ölçülmüştür. 40,62mm ve 40,61mm olarak manuel ölçülen burçlar sistem ölçümde sırasıyla 40,59mm ve 40,58mm ölçülmüştür. Reddedilen her iki burç sistem ölçümlerde 0.03mm farkla tolerans değer aralığında kaldığı için onaylanmıştır. Manuel ölçüm ile 40,59mm ölçülen burç için sistem ölçümü 40,61mm olarak ölçülmüş ve 0,02mm farkla manuel onaylanan ölçüm reddedilmiştir. Manuel onaylanan 2 adet burç reddedilip, manuel olarak reddedilen 2 adet burç ise onaylanmıştır. Toplamda 10 adet burçtan 2 fire engellenmiş ve 2 adet onaylanan parça ise reddedilmiştir.



Şekil 6.10. 40,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

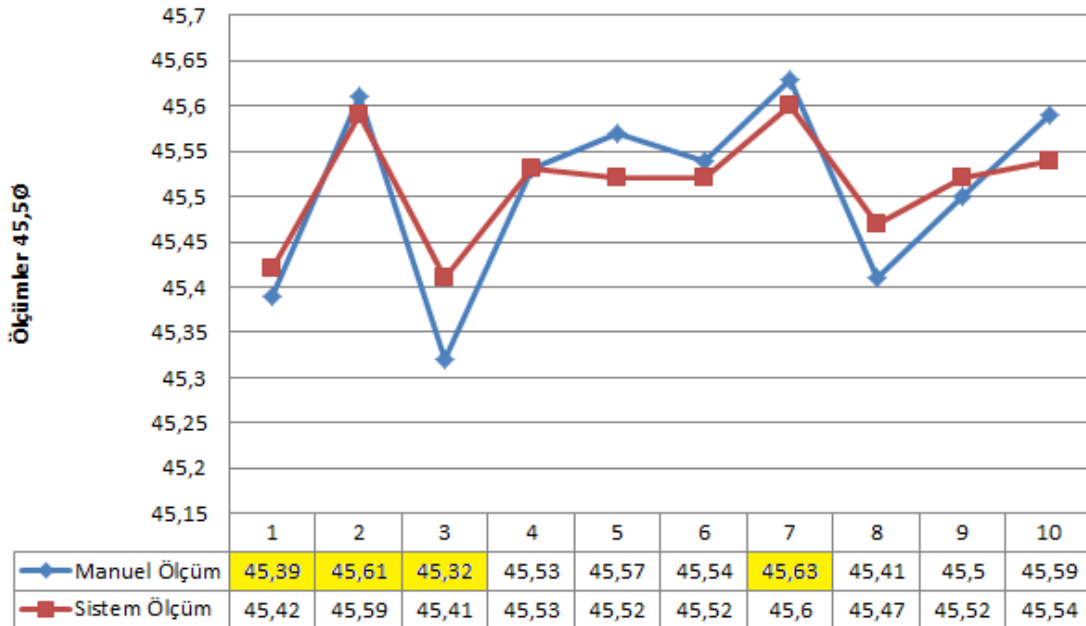
Şekil 6.10 ve Şekil 6.11’de karşılaştırma tablosu verilmiştir.



Şekil 6.11. 40,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

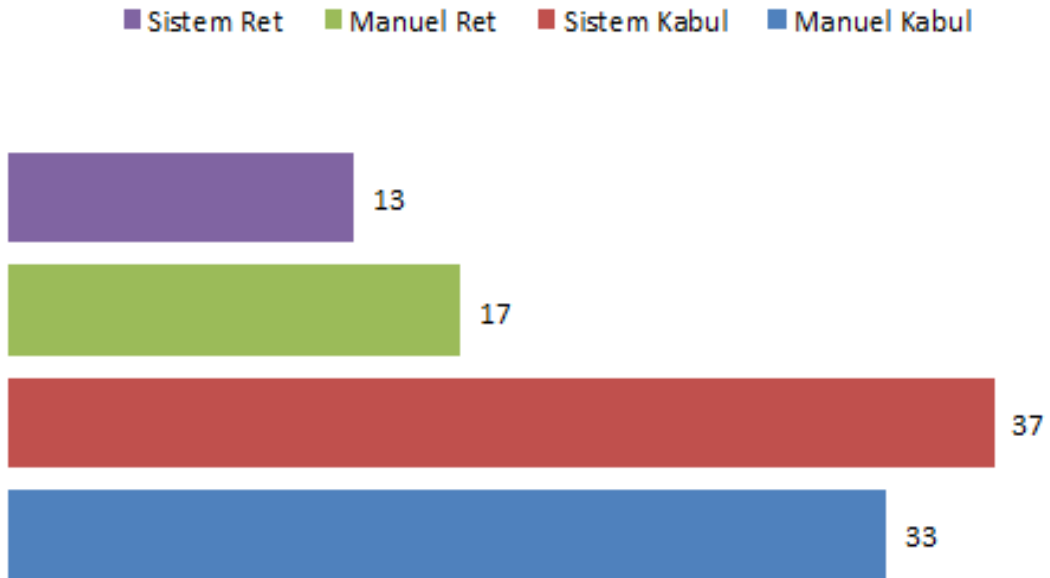
6.1.6. Deneme-6 – 45,5Ø ±0,1mm

Deneme-6 için çap değeri 45,5Ø, ±0,1mm tolerans değerine sahip burçlardan rastgele 10 parça numune alınmıştır. Operatör ile yapılan manuel ölçümlerde tolerans aralığında olmayan 4 ölçüm yapılmıştır. Geliştirilen test sistemi ile yapılan ölçümlerde tüm burçlar tolerans aralığında ölçülmüştür. Sonuçlar incelendiği zaman manuel ölçüm sonucunda tolerans değerinin altında kalan 45,32mm ve 45,39 ölçülen burç için sistem ölçümü sırasıyla 45,41mm ve 45,42mm olarak 0,09mm ve 0,03mm fark ölçülmüş ve reddedilen iki parça onaylanmıştır. Tolerans değerinin üzerinde kalan ölçüm sonuçları 45,61mm ve 45,63mm ölçülmüştür. 45,61mm manuel ölçülerek reddedilen burç sistemde 45,59mm olarak ölçülmüş olup 0.02mm farkla tolerans aralığında kalarak onaylanmıştır. Manuel ölçüm ile 45,63mm ölçülen burç için sistem ölçümü 45,60mm olarak ölçülmüş ve 0,03mm farkla manuel reddedilen ölçüm onaylanmıştır. Manuel olarak reddedilen 4 adet burç sistem ölçüm ile onaylanmıştır. Toplamda 10 adet burçtan 4 fire engellenmiştir.

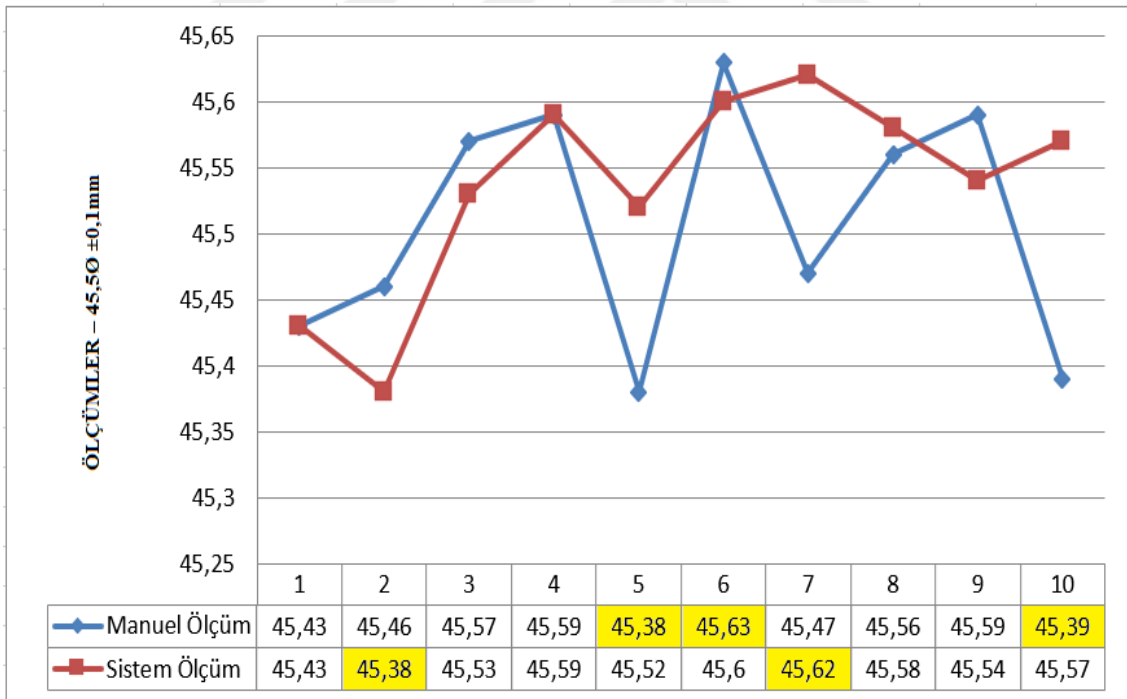


Şekil 6.12. 45,5Ø ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -1

Şekil 6.12, Şekil 6.13 ve Şekil 6.14'te karşılaştırma grafikleri verilmiştir.



Şekil 6.13. Lazer karşılaştırma



Şekil 6.14. 45,50 ±0,1mm Manuel-Sistem Karşılaştırma -2

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada kauçuk metal burçlarda çap işlemi sonrası çap ölçümleri ve burç ovalite onay işlemleri lazer sensör, SOBEL operatörü ve YOLO algoritması kullanılarak yapılmıştır. SOBEL operatörünün kullanılmasındaki en önemli sebep, gürültülerden %88 oranında minimum düzeyde ve ışık koşullarında en az etkiye ve en yüksek doğruluğu sahip olmasıdır. YOLO algoritmasının tercih edilmesindeki en önemli sebep ise görüntüye tek bir CNN uygulaması ve hız ile doğruluk arasında kolayca geçiş yapılabilmesidir. Otomatik kontrol sistemi ile kontrolde, operatörün inisiyatifi ortadan kaldırılmıştır. Sistem HMI ekranı ve SCADA üzerinden kontrol edilebilir ve izlenebilmektedir. Sistem pilot uygulama ile 1 hafta raporlanmış ve izlenmiştir. Süreç içerisinde yapılan çalışmalarda, toplam 4362 adet burç kontrolü gerçekleştirilmiştir. Manuel kontrol ile 3521 adet burç onaylanmış, 841 adet burç hatalı olarak ayrılmıştır. Sistem kontrol ile 3865 adet burç onaylanmış, 497 burç hatalı olarak ayrılmıştır. Manuel ölçüm %81, sistem ölçümler %89 kabul oranına sahiptir. 1 hafta pilot uygulama sonucunda toplam 344 adet fire engellenmiştir. Sistemin mali katkısı incelenirse;

1 hafta pilot uygulama = 344 fire engellenmiştir.

1 yıl uygulama = 16512 fire engellenebilir.

12 aylık engellenebilecek fire sayısı 16512 adet olarak değerlendirme yapıldığı zaman 1 adet ürünün güncel fiyatın ortalama 2,00\$ olarak düşünülürse, 33.024,00\$ değerinde ürün fireye gitmesi engellenebilir. Şekil 7.1'de sistem çalışma görseli örneklendirilmiştir.



Şekil 7.1. Sistem çalışma

KAYNAKLAR

- AYBAR, E. (2008). SOBEL İŞLECI KULLANILARAK RENKLİ GÖRÜNTÜLERDE KENAR BULMA. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 8(1), 205-217.
- Değerler, E. Görüntü İşleme ile Lif Çapı Ölçümü Fiber Thickness Measurement Using Image Processing.
- Demeyere, M., Rurimunzu, D., & Eugène, C. (2007). Diameter measurement of spherical objects by laser triangulation in an ambulatory context. IEEE Transactions on instrumentation and measurement, 56(3), 867-872.
- Deng, Z., & Ke, W. (2010, July). A new measuring method of wool fiber diameter based on image processing. In 2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (Vol. 2, pp. V2-587). IEEE.
- Du, Z., Wu, Z., & Yang, J. (2016). Error ellipsoid analysis for the diameter measurement of cylindroid components using a laser radar measurement system. Sensors, 16(5), 714.
- Eldessouki, M., Ibrahim, S., & Militky, J. (2014). A dynamic and robust image processing based method for measuring the yarn diameter and its variation. Textile Research Journal, 84(18), 1948-1960.
- ERCANLI, İ., BOLAT, F., & YAVUZ, H. (2018). Ormanların Çap Dağılımlarının Modellenmesinde Derin Öğrenme Algoritmalarının Kullanımı: Trabzon ve Giresun Ormanları Doğu Ladini-Sarıçam Karışık Meşcereleri Örneği. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 4(2), 122-132.
- Graf, S., Garipey, J., Massonneau, M., Armentano, R. L., Mansour, S., Barra, J. G., ... & Levenson, J. (1999). Experimental and clinical validation of arterial diameter waveform and intimal media thickness obtained from B-mode ultrasound image processing. Ultrasound in medicine & biology, 25(9), 1353-1363.
- Hill, B. C., Schubert, E. D., Nokes, M. A., & Michelson, R. P. (1977). Laser interferometer measurement of changes in crayfish axon diameter concurrent with action potential. Science, 196(4288), 426-428.
- John M. Khosrofian and Bruce A. Gartz, "Measurement of a Gaussian laser beam diameter through the direct inversion of knife-edge data," Appl. Opt. 22, 3406-3410 (1983)
- Kalliovirta, J., Laasasenaho, J., & Kangas, A. (2005). Evaluation of the laser-relascope. Forest Ecology and Management, 204(2-3), 181-194.
- Karim, M. A., Awwal, A. A. S., Nasiruddin, A. M., Basit, A., Vedak, D. S., Smith, C. C., & Miller, G. D. (1987). Gaussian laser-beam-diameter measurement using sinusoidal and triangular rulings. Optics letters, 12(2), 93-95.

- Khodier, S. A. (2004). Measurement of wire diameter by optical diffraction. *Optics & laser technology*, 36(1), 63-67.
- Ng, T. W., Tan, H. Y., & Foo, S. L. (2007). Small Gaussian laser beam diameter measurement using a quadrant photodiode. *Optics & Laser Technology*, 39(5), 1098-1100.
- POLAT, H. (2014). Lazer ve Çizgisel Ccd Algılayıcı Tabanlı Optik Çap Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi. *Politeknik Dergisi*, 17(2), 91-98.
- Song, C., Yang, B., Zhang, L., & Wu, D. (2021). A handheld device for measuring the diameter at breast height of individual trees using laser ranging and deep-learning based image recognition. *Plant Methods*, 17(1), 1-15.
- TÜRKER, E., DÖNMEZ, E. T., & YAMAN, N. (2017). TEKSTİL YÜZEYLERİNDE OLUŞAN BONCUKLANMANIN GÖRÜNTÜ İŞLEME İLE ÖLÇÜLMESİ. *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 6(1), 50-61.
- Vas, L. M., Halász, G., Takács, M., Szász, K., & Eördögh, I. (1994). Measurement of yarn diameter and twist angle with image processing system. *Periodica Polytechnica Mechanical Engineering*, 38(4), 277-296.
- Yılmaz, V., Güngör, O., & Kadioğulları, A. İ. (2015). GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİKLERİ İLE AĞAÇLARIN BOY, TEPE ÇAPI VE TEPE HACİMLERİNİN BELİRLENMESİ.
- Yoldaş, M., & Sungur, C. (2020). Alüminyum ekstrüzyon profillerinin hassas kesit ölçümlerinin görüntü işleme teknolojisi ile gerçekleştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 190-195.
- Zhang, C. C., Fang, J. D., & Atlantis, P. (2016, November). Edge Detection Based on Improved Sobel Operator. In *Proceedings of the 2016 International Conference on Computer Engineering and Information Systems (Vol. 52, pp. 129-132)*.

EKLER

EK-1 Cihaz Kullanımı

Sistem Panosu 220V enerji beslemesi yapılır ve kontak 1 konumuna getirilir. Şekil 8.1’de sistem ana ekran görülmektedir.



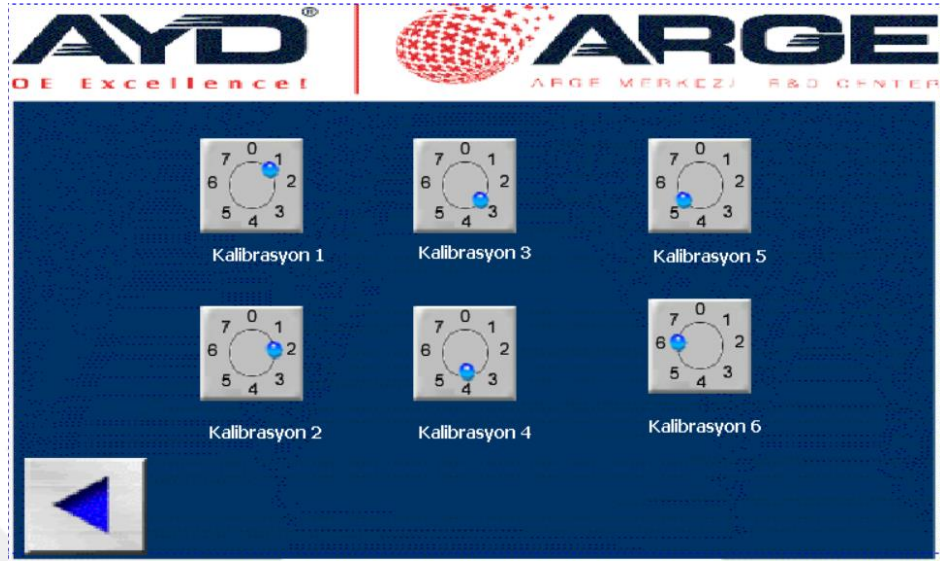
Şekil 8.1. Ana ekran

Şekil 8.2’de görülen ayar sayfasına gidilir. Alarm istenilen süre saniye cinsinden girilir. Bu değer süresince ölçüm yapılmaz ise sistem ikaz sesi verir. Alarm durdurulması için alarm durdur butonu kullanılmalı ve süre 0’dan farklı olmalıdır. Alarm aktif yeşil ise sistem alarm süresi aktif, kırmızı ise alarm süresi pasiftir.



Şekil 8.2. Ayar ekranı

Kalibrasyon sayfasına gidilir. Sistem için kayıt edilebilir 6 adet kalibrasyon sayfası vardır.



Şekil 8.3. Kalibrasyon ekranı-1

Şekil 8.3'te görülen kalibrasyon sayfasında belirtilmiş olan tolerans değerleri ve burç çap değeri girilmelidir. Sonrasında ise test cihazını kullanabilmek ve sağlıklı ölçümler elde edebilmek için kalibrasyon yapılmalıdır. Test edilecek burçlara uygun seçilen, burç iç çap aparatı aynaya sabitlenir. Referans alınacak burç yerleştirilir ve yön değiştirerek en az 10 adet ölçüm yapılır. Ölçümler veri al butonu ile gerçekleştirilir. Veri toplama işlemi tamamlandıktan sonra kalibre et butonuna basılır. Şekil 8.4'te görülen kalibrasyon sayfasına yeni değerler kaydetmek için sıfırlama butonu ile sıfırlanır ve tüm işlemler tekrarlanır. Kalibrasyonun tamamlanmasının ardından ana ekrana geçmek için butona basılır.



Şekil 8.4. Kalibrasyon ekranı-2

Ana ekran üzerinde bulunan reçete numarası alanı doldurulur. Kayıt edilen Reçetelerden ölçümü yapılacak olan burç için kalibre edilmiş reçete numarası aktif edilir, burçlar sırayla aparata yerleştirilerek test süreci başlatılır. Şekil 8.5'te test ekranı görülmektedir.



Şekil 8.5. Test ekranı

Burç iç çap aparatına burç yerleştirilmemiş ise hata ekranı eksik parça uyarısı verir ve yeşil ışık yanmaz. Burç aparat üzerine yerleştirilir ve ölçüm sırasında her iki sensörden veri alınır. Tolerans değerleri dışında bir ölçüm varsa o sensörü temsil eden kırmızı ışık yanar ve görüntü işleme algoritması ile inceleme tekrarlanır. Tolerans değerlerinin alt ve üst tabanları her sensörü temsil eden ışığın yanında yer almaktadır. Ölçüm sonucu hatalı ise kırmızı uyarı lambası yanar ve sesli uyarı verilir.

